UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NÁDIA MARA FRANZ

FRAMEWORK APLICÁVEL EM POLÍTICAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS (REEE) NOS PAÍSES DO BRICS

CURITIBA
2023

NÁDIA MARA FRANZ

FRAMEWORK APLICÁVEL EM POLÍTICAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS (REEE) NOS PAÍSES DO BRICS

Framework applicable in Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) management policies in BRICS countries

Trabalho de conclusão de curso de tese apresentado como requisito para obtenção do título de Doutora em Tecnologia e Sociedade/ Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Christian Luiz da Silva

CURITIBA
2023

4.0 Internacional

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba

NADIA MARA FRANZ

FRAMEWORK APLICÁVEL EM POLÍTICAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS (REEE) NOS PAÍSES DO BRICS.

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutora Em Tecnologia E Sociedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia E Sociedade.

Data de aprovação: 01 de Fevereiro de 2023

Dr. Christian Luiz Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Cleverson Vitorio Adreoli, Doutorado - Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul - Isae-Fgv

Dr. Decio Estevao Do Nascimento, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gilson Ditzel Santos, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Lucia Helena Da Silva Maciel Xavier, Doutorado - Centro de Tecnologia Mineral

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 01/02/2023.

AGRADECIMENTOS

Em face de tantos desafios e mudanças impostas pela pandemia Covid-19 externo primeiramente minha imensa gratidão por concluir essa jornada com saúde e energia para seguir em frente nessa caminhada pela vida.

Agradeço especialmente ao meu marido e filhos que me apoiaram em mais esse projeto, compreendendo minhas ausências na dedicação à pesquisa e me incentivando a sempre fazer o meu melhor possível.

Agradeço ao Prof. Dr. Christian Luiz da Silva que me orientou em todas as fases do desenvolvimento dessa tese, sempre contribuindo positivamente na construção de saberes importantes ao meio científico, mas também aplicável à prática da gestão pública para o desenvolvimento sustentável.

Agradeço aos professores da banca Prof. Dr. Cleverson Vitório Andreoli, Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento, Prof. Dr. Gilson Ditzel Santos e Profª Drª. Lúcia Helena da Silva Maciel Xavier que contribuíram de forma valorosa na construção da estrutura e objetivos da pesquisa, assim como de seu refinamento.

Agradeço aos especialistas técnicos e científicos pela disposição em responder as entrevistas semiestruturadas *online* que auxiliaram a análise dos dados e os resultados da tese.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), ao núcleo do Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Sociedade pela oportunidade e apoio fornecido, bem como aos docentes e colegas pelos ensinamentos, incentivos e cooperação.

Muito obrigada a todos!

> O caminho para o desenvolvimento sustentável será alcançado por uma abordagem holística e interdisciplinar, na qual cientistas naturais e sociais trabalhem juntos em favor do alcance de caminhos sábios para o uso e aproveitamento dos recursos da natureza, respeitando sua diversidade. Conservação e aproveitamento racional da natureza podem e devem andar juntos. (SACHS, 2009, p.31).

> Para resolver grandes problemas como a mudança climática, o desperdício e a poluição, precisamos de uma grande ideia. É hora de repensar como projetamos, fazemos e usamos as coisas de que precisamos, desde a comida que comemos até as roupas que vestimos. Juntos, podemos criar um futuro melhor para os negócios, a sociedade e o mundo natural (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2022, *online*).

RESUMO

FRANZ, N.M. Framework aplicável em políticas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS. 2023. 568 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2023.

A industrialização, urbanização e o aumento do consumo de eletroeletrônicos, que associados aos curtos ciclos de vida desses equipamentos, complexidade de reciclagem e limitada infraestrutura física e legal geram o aumento exponencial dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), sobretudo nas metrópoles. Nos últimos anos, os REEE cresceram três vezes mais rápido que a população mundial e 13% mais que o PIB mundial. Em 2019 registrou-se recorde de 53,6 Mt, dos quais somente 17,4% foi descartado adequadamente. A China, Índia e Estados Unidos são responsáveis por 38% do descarte mundial de REEE. O Brasil, por sua vez, está entre os maiores produtores mundiais de eletroeletrônicos, porém é o quinto maior gerador de REEE do mundo, com reciclagem inferior a 3% e geração per capita de 10,2 kg/ano. Nesse cenário, a questão que orienta os objetivos dessa tese se expressa em: quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS? O agrupamento BRICS é formado pelo Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, que representam cerca de 41,15% da população mundial, 30% do território global e 25,71% do PIB mundial em 2021. A presente pesquisa tem o objetivo central de apresentar um framework para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE de baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS. A metodologia da pesquisa utiliza a abordagem qualitativa de natureza aplicada, emprega as técnicas de pesquisa bibliográfica, documental e entrevistas semiestruturadas no método de estudo de casos múltiplos, cuja técnica analítica é a análise de conteúdo e a síntese cruzada de casos. O estudo descreve as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS, identifica os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE, estrutura aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE nos BRICS e; aprecia essas proposições teóricas em entrevista com 16 especialistas técnicos e científicos dos BRICS selecionados em amostra intencional. Os resultados dessa tese demonstram a relevância de legislações à gestão dos REEE e do protagonismo das esferas de governo, em especial das metrópoles, em articular as partes envolvidas em sinergia na gestão de riscos ambientais e à saúde humana e na implementação de sistemas inclusivos de responsabilidade ao produtor, atuando na conscientização da sociedade ao consumo sustentável e à redução e descarte adequado dos REEE e; estimulando modelos de negócios circulares viáveis economicamente, que promovam o desenvolvimento do mercado de recursos secundários e oportunizem a inclusão social. A pesquisa infere que mesmo analisando países com características culturais diversas, as estruturas institucionais podem normalizar políticas e ações voltadas à gestão dos REEE, baseadas nos princípios da economia circular, que por sua vez, possam atuar como força motora na promoção do desenvolvimento sustentável dos territórios, equilibrando o crescimento econômico, o progresso social e um meio ambiente saudável.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; economia circular; metrópoles sustentáveis; resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos; BRICS.

ABSTRACT

FRANZ, N.M. Framework applicable to Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) management policies in BRICS countries. 2023. 568 p. Thesis (Doctorate) - Postgraduate Program in Technology and Society, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2023.

Industrialization, urbanization and the increase in consumption of electronics, which associated with the short life cycles of this equipment, recycling complexity and limited physical and legal infrastructure, generate an exponential increase in Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), especially in large cities. In recent years, WEEE has grown three times faster than the world's population and 13% more than the world's GDP. In 2019, a record 53.6 Mt was recorded, of which only 17.4% was properly disposed of. China, India, and the United States are responsible for 38% of the world's disposal of WEEE. Brazil, in turn, is among the world's largest producers of electronics, but it is the fifth largest generator of WEEE in the world, with recycling of less than 3% and per capita generation of 10.2 kg/year. In this scenario, the question that guides the objectives of this thesis is expressed in: what factors are important to the development of propositions applicable in policies and actions for the sustainable management of WEEE based on the principles of the circular economy within the scope of the BRICS countries? The BRICS grouping is formed by Brazil, Russia, India, China and South Africa, which represent about 41.15% of the world's population, 30% of the global territory and 25.71% of the world's GDP in 2021. This research has the central objective of presenting a framework for the development of propositions applicable in policies and actions for the sustainable management of WEEE based on the principles of circular economy within the BRICS countries. The research methodology uses a qualitative approach of an applied nature, employs bibliographical and documentary research techniques and semi-structured interviews in the multiple case study method, whose analytical technique is content analysis and cross-case synthesis. The results of this thesis demonstrate the legal and institutional compositions of WEEE management in BRICS countries, identifies the different actors in the processes inherent to WEEE, structures important theoretical aspects of positive results in WEEE management in BRICS and; validates these theoretical propositions in an interview with 16 technical and scientific specialists from the BRICS selected in an intentional sample. In this sense, the thesis infers the relevance of legislation to the management of WEEE and the protagonism of government levels, especially in metropolises, in articulating the parties involved in synergy in the management of environmental and human health risks and in the implementation of inclusive systems of producer responsibility, acting to raise society's awareness of sustainable consumption and the reduction and proper disposal of WEEE and; stimulating economically viable circular business models that promote the development of the market for secondary resources and provide opportunities for social inclusion. The research infers that even when analyzing countries with different cultural characteristics, institutional structures can normalize policies and actions aimed at WEEE management, based on the principles of the circular economy, which, in turn, can act as a driving force in promoting sustainable development. territories, balancing economic growth, social progress and a healthy environment.

Keywords: sustainable development; circular economy; sustainable cities; waste electrical and electronic equipment; BRICS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Geração de REEE nos BRICS 24
Figura 2 - Pressupostos conceituais e validação 35
Figura 3 - Procedimentos metodológicos 42
Figura 4 - ODS e sua relação com a biosfera, sociedade e economia 51
Figura 5 - Estrutura da Sustentabilidade Urbana (*Urban Sustainability Framework*) 58
Figura 6 - Cidades inteligentes e sustentáveis 68
Figura 7 - Cidades criativas, cidades inovadoras 77
Figura 8 - Cidades resilientes: abordagens 87
Figura 9 - Tratamento e disposição global de resíduos 91
Figura 10 - Economia linear 96
Figura 11 - Passagem do modelo linear para o circular 97
Figura 12 - Circuito fechado (*closing loops*) 97
Figura 13 - Modelo de uma sociedade sustentável 122
Figura 14 - Cenário global dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos 2019 140
Figura 15 - Linha de equipamentos elétricos e eletrônicos 142
Figura 16 – Classificação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos 143
Figura 17 - Economia circular: equipamentos elétricos eletrônicos 163
Figura 18 – População BRICS (milhões) 175
Figura 19 - Produto Interno Bruto (bilhões USD) 175
Figura 20 - Investimento Estrangeiro Direto: BRICS, Estados Unidos e União Europeia (bilhões USD) 176
Figura 21 – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) 178
Figura 22 - Acesso à internet % população (2019) 181
Figura 23 – Emissão de CO2 184
Figura 24 – Índice de percepção da corrupção 187
Figura 25 - Fases da revisão sistemática 203
Figura 26 – Portfólio bibliográfico e documental final 210
Figura 27 – Corpus final: estático e dinâmico 211
Figura 28 – Abordagem metodológica 225

Figura 29 – Brasil: cadeia de valor dos REEE 253
Figura 30 – Brasil: cadeia produtiva de ciclo fechado.....259
Figura 31 – China: cadeia de valor dos REEE 282
Figura 32 – China: fluxo dos REEE entre os atores formais e informais 289
Figura 33 – China fluxo dos EEE usados e dos REEE no mercado de reuso..290
Figura 34 – Máquinas automáticas de logística reversa de REEE.....298
Figura 35 – Índia: cadeia de valor dos REEE.....316
Figura 36 – Índia: fluxo dos REEE entre os atores formais e informais.....326
Figura 37 – África do Sul: cadeia de valor dos REEE 354
Figura 38 – África do Sul: fluxo dos REEE entre os atores formais e informais 367
Figura 39 – Rússia: cadeia de valor dos REEE.....394
Figura 40 - Acordo de PPP para reciclagem de REEE de Moscou.....401
Figura 41 – Estrutura do sistema de gestão dos RSU: *EPRs*.....404
Figura 42 - Categorias de análise: composições legais e institucionais à gestão dos REEE nos BRICS.....438
Figura 43 – BRICS Metrópoles: fluxo de EEE e REEE 451
Figura 44 - BRICS: baixa conscientização ambiental e a gestão dos REEE....466
Figura 45 - BRICS: conscientização da sociedade e a gestão dos REEE. 476
Figura 46 - BRICS dimensão ambiental: aspectos importantes à gestão dos REEE 485
Figura 47- BRICS dimensão econômica: aspectos importantes à gestão dos REEE 486
Figura 48 - BRICS dimensão social: aspectos importantes à gestão dos REEE 487
Figura 49 - BRICS dimensão institucional: aspectos importantes à gestão dos REEE 489
Figura 50 – BRICS: *framework* gestão de REEE.....500

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 49
Quadro 2 - Dimensões e ideais de cidade sustentável 61
Quadro 3 - Cidades inteligentes: abordagens 70
Quadro 4 - Cidades inteligentes e sustentáveis: abordagens.....71
Quadro 5 – Cidades: inclusão e equidade social 81
Quadro 6 – Síntese: definições para as cidades 87
Quadro 7 - Dimensões e ideais da economia circular 104
Quadro 8 - Japão: políticas relacionadas aos resíduos e reciclagem 120
Quadro 9 - Closing the loop: UE (2015) 126
Quadro 10 - Green deal circular economy action plan: EU (2020) 128
Quadro 11 – China: políticas públicas relacionadas à economia circular 131
Quadro 12 - Síntese políticas públicas para economia circular: Japão, União Europeia e China 132
Quadro 13 – Gestão de REEE: União Europeia, Japão, China, Estados Unidos, Índia e Brasil 156
Quadro 14- Princípios orientadores às legislações e sistemas de REEE 166
Quadro 15 - Dimensões dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos 168
Quadro 16 – PIB per capita (USD).....177
Quadro 17 – IDH, IDHAD, Índice Gini (2018).....179
Quadro 18 – Síntese Indicadores e Índices econômicos, sociais, ambientais e políticos.....187
Quadro 19 – Temas centrais: questões, lacunas e base de estudos futuros .193
Quadro 20 - Produção científica google acadêmico (2015-2020).....204
Quadro 21 – Estrutura da revisão sistemática: temas centrais e subtemas...208
Quadro 22 - Corpus estático: principais autores 209
Quadro 23 – Checklist: Protocolo Prisma 216
Quadro 24 - Protocolo para estudo de casos múltiplos: gestão de REEE nos países do BRICS.....226
Quadro 25 - BRICS: especialistas técnicos e científicos entrevistados 232
Quadro 26 – Fases e estrutura da pesquisa 234

Quadro 27 - Categorias de análise das composições legais e institucionais para a gestão dos REEE nos países do BRICS 239
Quadro 28 – Brasil: legislação nacional 248
Quadro 29 – Brasil: estruturas legais 249
Quadro 30 – Brasil: instrumentos legais e de conformidade 249
Quadro 31 – Brasil: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE 251
Quadro 32 – Brasil: barreiras à gestão dos REEE 263
Quadro 33 – Brasil: proposições à gestão dos REEE 267
Quadro 34 – China: legislação nacional 275
Quadro 35 – China: estruturas legais 276
Quadro 36 – China: instrumentos legais e de conformidade 278
Quadro 37 – China: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE 280
Quadro 38 – China: barreiras à gestão dos REEE 295
Quadro 39 – China: proposições à gestão dos REEE 299
Quadro 40 – Índia: legislação nacional 311
Quadro 41 – Índia: estruturas legais 312
Quadro 42 – Índia: instrumentos legais e de conformidade 312
Quadro 43 – Índia: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE 313
Quadro 44 – Índia: barreiras à gestão dos REEE 330
Quadro 45 – Índia: proposições à gestão dos REEE 335
Quadro 46 - África do Sul: legislação nacional 349
Quadro 47 - África do Sul: estruturas legais 350
Quadro 48 - África do Sul: instrumentos legais e de conformidade 351
Quadro 49 – África do Sul: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE 352
Quadro 50 – Joanesburgo: recicladoras de grande porte 366
Quadro 51 – África do Sul: barreiras à gestão dos REEE 372
Quadro 52 - África do Sul: proposições à gestão dos REEE 377
Quadro 53 – Rússia: legislação nacional 388
Quadro 54 – Rússia: estruturas legais 390
Quadro 55 – Rússia: instrumentos legais e de conformidade 391
Quadro 56 – Rússia: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE 392
Quadro 57 – Rússia: barreiras à gestão dos REEE 410
Quadro 58 – Rússia: proposições à gestão dos REEE 416

Quadro 59 – BRICS: legislações nacionais à gestão dos REEE 427
Quadro 60 – BRICS: estruturas e instrumentos oficiais de gestão dos REEE 431
Quadro 61 – BRICS: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE....441
Quadro 62 – BRICS: cadeia de valor dos REEE 443
Quadro 63 - BRICS Metrópoles: atores e funções na gestão dos REEE 451
Quadro 64 - BRICS Metrópoles: políticas e ações locais 452
Quadro 65 - BRICS: limitações à gestão dos REEE 464
Quadro 66 - BRICS: proposições à gestão dos REEE 473
Quadro 67 - Matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE nos BRICS.....479
Quadro 68 - BRICS: matriz síntese de aspectos importantes à gestão dos REEE 481
Quadro 69 - BRICS: pontuação mediana de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE 491

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos e teses: *waste electrical and electronic equipment (e-waste)* 33
Tabela 2 - PIB, PIB per capita, população e geração de REEE (2019) 145
Tabela 3 – Saneamento básico (2017) 183
Tabela 4 – Geração de resíduos per capita (2016) 185
Tabela 5 – Produção científica: 2015 a 2020 206
Tabela 6 - Produção científica revisada 2015 a 2020 215
Tabela 7 – Green Eletron: resultados 2017 a 2020 254
Tabela 8 – BRICS em dados 420
Tabela 9 – BRICS Metrópoles: dados socioeconômicos 449
Tabela 10 – BRICS: pontuação dos especialistas aos aspectos importantes à gestão dos REEE.....483
Tabela 11 - BRICS: níveis de pontuação mediana dos tópicos.....492

LISTA DE SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADISTI	Associação Brasileira da Distribuição de Produtos e Serviços de Tecnologia da Informação
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ARO	African Reclaimers Organization
ASSESPRO	Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação
BAT	Best Available Technologies
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
BRICS	Brazil, Rússia, Índia, China e South África
CADRI	Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CEBRICS	Conselho Empresarial do BRICS
CEDIR	Centro de Descarte e Reuso de Gestão Ambiental
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPCB	Central Pollution Control Board
CSE	Centre for Science & Environment
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research
CSIR-NEERI	National Environmental Engineering Research Institute
DFFE	Department of Forestry, Fisheries and the Environment
DGFT	The Directorate General of Foreign Trade
DPCC	Delhi Pollution Control Committee
DSI	Department of Science and Innovation
DTIC	Department of Trade Industry and Competition
EAD	Ensino à Distância
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
EPIs	Equipamentos de Segurança Individual
EPR	Extended Producer Responsibility
EPWP	Expanded Public Works Programme
FDI	Foreign Direct Investment
FIEP	Federação das Indústrias do Paraná
GPSC	Global Platform for Sustainable Cities
IBAMA	Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano

IDHAD	Índice de Desenvolvimento Humano Ajustado à Desigualdade
IEA	International Energy Agency
IIT	Indian Institute of Technologies
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IoT	Internet of Things
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISAE	Instituto Superior de Administração e Economia
ITU	International Telecommunication Union
IWMSA	Institute of Waste Management of Southern Africa
JICA	Japan International Cooperation Agency
MAIT	Manufacturer Association of Information Technology
MeitY	Ministry of Electronics and Information Technology
MEP	Ministry of Environmental Protection of China
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology
Minprirody	Ministry of Natural Resources and Environment
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
MoEF	Ministry of Environment & Forests
MoEF&CC	Ministry of Environment, Forest and Climate Change
MOFCOM	The Ministry of Commerce
MOST	Ministry of Science and Technology
MSW	Municipal Solid Waste
NCT	National Capital Territory
NDB	New Development Bank
NDRC	National Development and Reform Commission
NEILIT	National Institute of Electronics and Information Technology
NEMWA	National Environmental Management: Waste Act
NIT	National Institute of Technologies
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONGs	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PD2T	Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PIB per capita	Produto Interno Bruto per capita
PIB	Produto Interno Bruto
PlanClimaSP	Plano de Ação Climática do Município de São Paulo
PMGIRS	Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PPGTE	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade
PPP	Parceria Público Privada
PRO	Producer Responsibility Organization
ProKnow-C	Knowledge Development Process – Constructivist
RDI	Waste Research Development and Innovation (Roadmap)
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
REO	Russian Environmental Operator
RMB	Renminbi
RoHS	Restriction of Certain Hazardous Substances
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAWIC	South African Waste Information Centre
SAWPA	South African Waste Pickers Association
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SPCB	State Pollution Control Board
TCLR	Termo de Compromisso de Logística Reversa
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
U4SSC	United for Smart Sustainable Cities
UE	União Europeia
ULB's	Urban Local Bodies
UN	United Nations
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WB	World Bank

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 21
1.1 Tema 21
1.2 Delimitação da pesquisa 25
1.3 Problemas e premissas 26
1.4 Objetivos 29
1.4.1 Objetivo geral 29
1.4.2 Objetivos específicos 30
1.5 Justificativas, relevância e ineditismo 30
1.5.1 Justificativa teórica 30
1.5.2 Justificativa prática 35
1.6 Embasamento teórico 37
1.7 Procedimentos metodológicos 39
1.8 Estrutura do trabalho 42
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 44
2.1 Territorialidade e sustentabilidade das cidades 44
2.1.1 Conceitos e relações entre território e territorialidade 44
2.1.2 Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade 46
2.1.3 Cidades sustentáveis e outros *brandings* urbanos contemporâneos 53
2.2 Economia circular 90
2.3 Políticas públicas e a economia circular 112
2.3.1 Políticas públicas de transição para a economia circular 119
2.4 Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) 139
2.4.1 Definição e categorias 141
2.4.2 PIB, PIB per capita, população e urbanização 144
2.4.3 Gestão de REEE 146
2.4.4 Legislação de REEE nos países desenvolvidos e em desenvolvimento 149
2.4.5 *Ecodesign*, produção mais limpa e logística reversa 157
2.5 Panorama BRICS - Brasil, Rússia, Índia, China e África Do Sul 170
2.5.1 Dados socioeconômicos e ambientais do BRICS em análise 174
2.6 Alinhamento conceitual 193
3 METODOLOGIA DA PESQUISA 196
3.1 Revisão sistemática da literatura 198

3.1.1 Palavras-chave: definição e teste de aderência.....204
3.1.2 Base de dados: estratégias de busca, seleção e varredura 205
3.1.3 Portfólio de artigos e documentos: filtragem, classificação, inclusão de *corpus* estático e definição do portfólio final 207
3.2 Abordagem Metodológica 218
3.3 Procedimentos de pesquisa 225
4 RESULTADOS E ANÁLISES DOS ESTUDOS DE CASOS 241
4.1 Estudo de caso Brasil.....241
4.1.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE 243
4.1.2 Atores nos processos inerentes aos REEE 251
4.1.3 REEE na metrópole São Paulo.....257
4.2 Estudo de caso China.....268
4.2.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE 270
4.2.2 Atores nos processos inerentes aos REEE 279
4.2.3 REEE na metrópole Pequim (Beijing).....286
4.2.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE .291
4.3 Estudo de caso Índia 301
4.3.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE 303
4.3.2 Atores nos processos inerentes aos REEE 313
4.3.3 REEE na metrópole Delhi 320
4.3.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE .327
4.4 Estudo de caso África do Sul 337
4.4.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE 339
4.4.2 Atores nos processos inerentes aos REEE 352
4.4.3 REEE na metrópole Joanesburgo (Johannesbug).....362
4.4.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE .368
4.5 Estudo de caso Rússia.....380
4.5.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE 382
4.5.2 Atores nos processos inerentes aos REEE 392
4.5.3 REEE na metrópole Moscou (Moscow) 399
4.5.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE .405
4.6 Síntese cruzada dos estudos de casos 420
4.6.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 1).....422

4.6.2 Função dos diferentes atores nos processos inerentes aos REEE no âmbito dos países do BRICS (Objetivo específico 2). 439
4.6.2.1 BRICS: metrópoles e a gestão dos REEE....449
4.6.3 Aspectos teóricos fundamentais a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS (Objetivo específico 3)....458
4.6.4 Apreciação das proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 4)....478
4.6.4.1 *Framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS....492
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS....504
5.1 Conclusões aos objetivos da pesquisa....504
5.2 Contribuições científicas....514
5.3 Limitações da abordagem....514
5.4 Recomendações de estudos futuros....515

REFERÊNCIAS....516
APENDICE A – Cronograma do projeto de pesquisa da tese (2019 – 2022) 553
APÊNDICE B – Entrevista semiestruturada: gestão dos REEE....554
APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)....558
APÊNDICE D - Carta Convite ao Especialista....562
APÊNDICE E – Publicação de trabalhos....563

1 INTRODUÇÃO

A introdução à tese de doutorado está constituída por seções que versam inicialmente sobre o tema e a delimitação da pesquisa, expõem o problema e a questão de pesquisa, apresenta o objetivo geral e objetivos específicos. Na sequência apresenta as justificativas teóricas e práticas, a vertente de pensamento para o embasamento teórico, os procedimentos metodológicos a serem aplicados na pesquisa e a estruturação da pesquisa.

1.1 Tema

A sustentabilidade do planeta, em uma retrospectiva global, é tratada com um maior direcionamento pelos líderes mundiais a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972, também conhecida como a Conferência de Estocolmo, que se tornou um marco de virada no desenvolvimento da política ambiental internacional (UNITED NATIONS, 2020, *online*). Já em 1987, foi publicado o relatório da Comissão de Brundtland conhecido como Nosso Futuro Comum, que diagnosticou os impactos ambientais globais e estabeleceu propostas de crescimento econômico integrado à preservação do meio ambiente (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*). No Brasil, a Cúpula Internacional da Terra realizada em 1992, mundialmente conhecida como Rio-92, tratou do desenvolvimento socioeconômico e a proteção ambiental e deu origem a Agenda 21. Esta agenda concentrou um plano de ação global, nacional e local, acordados por mais de 100 países membros das Nações Unidas, abrangendo as áreas em que o homem impacta o meio ambiente (UNITED NATIONS, 2020, *online*). A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Social de 1995, em Copenhague (Dinamarca) procurou estimular ações visando o equilíbrio entre o crescimento econômico e a justiça social, em um ambiente sustentável, de acordo com as necessidades e prioridades nacionais (ALVES, 1997). Em 1997, o protocolo de Kyoto (Japão), resultado da Convenção sobre Mudanças Climáticas, estabeleceu diretrizes para redução dos gases de efeito estufa pelos países industrializados; enquanto o Acordo de Paris, resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (2015), definiu metas para redução das emissões de gases e frear os impactos do aquecimento global (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019, *online*).

Ademais, na Conferência das Nações Unidas de 2015 foi firmada a Agenda 2030 por mais de 150 países membros, que estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS e 169 metas a serem cumpridas até 2030 (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*). Os ODS formam um plano de ação global, que necessita do agir local. Os ODS estão fundamentados em 5Ps – Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias; e buscam integrar e equilibrar as três dimensões essenciais ao desenvolvimento sustentável: o crescimento econômico, o progresso social e a preservação do meio ambiente. “Estamos determinados a tomar as medidas ousadas e transformadoras que são urgentemente necessárias para direcionar o mundo para um caminho sustentável e resiliente” (NAÇÕES UNIDAS/AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2021, *online*).

Verifica-se, portanto, que ao longo dos últimos 50 anos que as sociedades ao redor do mundo estão se tornando mais sensíveis a debater questões que envolvam o desenvolvimento sustentável do planeta e adotar medidas que possam frear os impactos ambientais resultantes da ação do homem. Para tal, a ação global deve se traduzir no agir localmente, em políticas públicas, em parcerias públicas-privadas que tenham o propósito de atingir as metas dos ODS até 2030.

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS da Agenda 2030 abrangem temas que se refletem na relação da humanidade com o planeta que habita, definindo metas contra a fome e a pobreza, melhoria da saúde e da educação, das condições de trabalho, da igualdade e da paz, da vida na água e na terra, sobre as mudanças climáticas, energia limpa, consumo e produção responsável, inovação na indústria e parcerias entre povos, bem como tornar as cidades sustentáveis (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*).

Observa-se que todos os ODS se inter-relacionam e interdependem no território da cidade, que é onde mais de 70% da população mundial habitará até 2030 (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*). Atualmente, mais de 50% da população vive em cidades e 10% em assentamentos. Estes últimos deverão triplicar até 2050, chegando a três bilhões de pessoas, resultante das crescentes ondas migratórias dos povos em busca de melhores condições de vida. A população mundial superou 7 bilhões em 2011, deverá alcançar 8,5 bilhões em 2030 e 9,7 bilhões em 2050 (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*).

A China (1,44 bilhão) e a Índia (1,39 bilhão) são os países mais populosos do mundo, ambos com mais de 1 bilhão de pessoas, representando 19 e 18% da

população mundial, respectivamente; enquanto o continente africano é o que registra maior crescimento populacional (UNITED NATIONS, 2019, *online*). Estima-se que mais da metade do crescimento da população mundial entre hoje e 2050 ocorra na África (UNITED NATIONS, 2019, *online*).

No Brasil, após os movimentos de êxodo rural que ocorreram nas décadas de 1970 e 1980, a maior parte da população passou a viver nas cidades (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020, *online*). Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD (2015) cerca de 84% da população brasileira habita em áreas urbanas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019, *online*). Essa propensão da população em habitar áreas urbanas se tornou uma tendência mundial. Países como a Rússia detém cerca de 74% da população em áreas urbanas, enquanto na China são 53%. A Índia, segunda maior população mundial, cerca de 30% vivem nas cidades, mas com projeções de aumento deste percentual (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014).

O Brasil, Rússia, Índia e China, somados à África do Sul formam o bloco diplomático BRICS. “O BRICS é o agrupamento formado por cinco grandes países emergentes - Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul - que, juntos, representam cerca de 42% da população, 23% do PIB, 30% do território e 18% do comércio mundial.” (ITAMARATY, 2019, *online*). A referência aos BRICS foi iniciada pelo banco de investimentos Goldman Sachs em 2001 ao evidenciar esses países emergentes com grande potencial econômico para o século XXI.

A rápida expansão populacional das cidades, nesses países, indica desafios globais que se refletem em todos os demais países, como a urbanização descontrolada, as migrações em massa, a falta de acesso à saúde, à água, à energia e à habitação, assim como danos ao meio ambiente pela gestão ineficiente do uso dos recursos naturais e dos resíduos gerados. A maior densidade demográfica por km² (2019) entre esses países se localiza na Índia com 459,6 e na China com 152,7, enquanto no Brasil é de 25,3, na Rússia é de 8,9 e na África do Sul é de 48,3 (UNITED NATIONS, 2020, *online*).

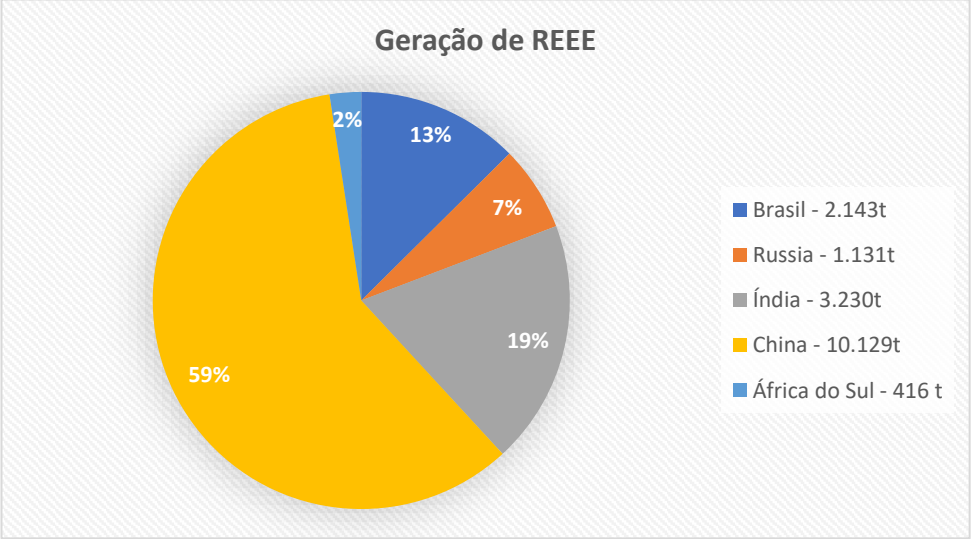
Segundo dados das Nações Unidas (2019, *online*), são gerados anualmente mais de 2 bilhões de toneladas de resíduos no mundo, sendo que “[...] 99% dos produtos que compramos são jogados fora dentro de seis meses. Para acomodar os 7,6 bilhões de moradores do mundo, suprir o uso de recursos e absorver o lixo gerado,

seria necessário 70% de outro planeta Terra.” (NAÇÕES UNIDAS, 2019, *online*). Nesse cenário, O International Telecommunication Union (ITU, 2020, *online*) alerta que o fluxo de resíduo doméstico de maior crescimento são os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), que deve chegar em 2030 a 74 Mt de REEE globais, quase dobrando em um período de dezesseis anos. Segundo a instituição, por meio de sua diretora Doreen Bogdan-Martin (2020), “as quantidades de lixo eletrônico estão crescendo três vezes mais rápido que a população mundial e 13% mais rápido que o PIB mundial nos últimos cinco anos.”

A China, os Estados Unidos e a Índia são responsáveis por 38% do descarte mundial de REEE (*e-waste*), que em 2019 registrou recorde de 53,6 milhões de toneladas, dos quais somente 17,4% foi descartado adequadamente, ou seja, 82,6%, 44,3 milhões de toneladas de REEE teve seu descarte incerto, impactando o meio-ambiente e a saúde das pessoas (FORTI *et al*., 2020), pois os resíduos contêm substâncias tóxicas e de alta periculosidade. O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de eletroeletrônicos, mas apenas 3% dos resíduos eletroeletrônicos são descartados adequadamente no país (BALDÉ *et. al*. 2017).

A Figura 1 – Geração de REEE nos BRICS demonstra a geração de REEE em cada país do BRICS, bem como seu percentual de representação no bloco.

Figura 1 – Geração de REEE nos BRICS



Fonte: Forti et al. (2020)

De acordo com o *The global e-waste monitor 2019,* o Brasil gerou 2.143 t de REEE (*e-waste*) em 2019 e o descarte por habitante chegou a 10,2 kg/ano, acima da

média mundial de 7,3 kg/ano. Em comparação aos demais países do BRICS, a China gerou 10.129 kt e 7,2 kg per capita, a Índia 3.230 kt e 2,4 kg per capita, a Rússia 1.631kt e 11,3 kg per capita e a África do Sul 416 kt e 7,1 kg per capita em 2019 (FORTI *et al*., 2020). Percebe-se, portanto, a importância da China, Brasil e Índia para os mercados secundários, como oportunidades de recuperação de materiais.

Legislações e regulações nacionais e transnacionais sobre REEE são urgentes à sustentabilidade planetária, sobretudo em territórios com alta densidade demográfica. Apesar dos avanços dos últimos cinco anos, atualmente 71% da população mundial está coberta por alguma legislação nacional acerca do REEE (*e-waste*), porém China e Índia, que possuem áreas com alta densidade demográfica, ocupam grande parte deste percentual por terem legislações sobre esses resíduos. Quando são analisados a quantidade de países, o número cresceu de 61 países em 2014 para 78 em 2019. Assim, menos da metade dos 193 países tem políticas, legislações ou regulações sobre o REEE (FORTI *et al*., 2020). Por esse contexto, é imprescindível e inadiável política públicas e ações que gerenciem o REEE de forma adequada, harmonizem as regulamentações entre os países e priorizem a reentrada dos materiais dos resíduos na cadeia produtiva, por meio de sistemas circulares.

Porém, cada território apresenta dinâmicas próprias na gestão dos REEE e cabe-nos estudá-las, a fim de melhor compreender os cenários e contextos para proposições teóricas acerca da gestão dos REEE. Desta forma, a temática central dessa tese está nas estruturas formais e informais da gestão dos REEE pelos países, sobretudo pelas metropoles, sob o enfoque do desenvolvimento sustentável, alinhados aos princípios da economia circular,

1.2 Delimitação da pesquisa

A delimitação espacial da tese se dá no âmbito dos países do BRICS, do qual o Brasil faz parte, em conjunto com a Rússia, Índia, China e África do Sul. Desse modo, o tema estruturas de gestão e governança dos REEE, economia circular e desenvolvimento sustentável das metrópoles dialoga com a visão de sustentabilidade e de cidades sustentáveis pelos países do BRICS, identificando e relatando as estruturas de gestão dos REEE, bem como mapeando o papel dos diferentes agentes nos processos que envolvam os REEE.

A linha temporal da pesquisa está focada principalmente a partir do ano de 2015, quando foi firmado o acordo dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS pelos países membros da Organização das Nações Unidas – ONU, do qual os países do BRICS são membros.

A pesquisa está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, diretamente ao Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis e; o Objetivo 12 - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, que trata em suas metas da gestão e redução da geração de resíduos, seja por medidas preventivas, de redução, reciclagem e reuso dos materiais (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online).* Entretanto, cabe ressaltar que tais objetivos se inter-relacionam e interdependem aos demais ODS.

1.3 Problemas e premissas

A sustentabilidade do planeta é tema soberano nas conferências das Nações Unidas, sobretudo desde a Conferência de Estocolmo (1972); dado o grau de importância global que esta questão abrange. Ações globais e o agir local se tornaram o mote dos discursos de líderes mundiais engajados em frear os impactos da ação do homem sobre o meio natural e social (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*).

De acordo com Meadows, Randers e Meadows (2004), o mundo está em estado de superação, pois estamos extraindo os recursos naturais em velocidade maior do que estes se restauram, além de liberarmos resíduos e poluentes também em velocidade maior que a Terra pode absorver ou transformá-los em formas inofensivas. Contudo, esses mesmos autores acreditam que a mesma sociedade que está levando o planeta ao colapso ambiental é capaz de resolver seus problemas e frear ou suavizar os impactos de anos de degradação descontrolada.

Leite e Awad (2012) argumentam que muitas das soluções para o desenvolvimento sustentável do planeta encontra-se nas cidades, pois os países estão se tornando cada vez mais urbanos e; é nas cidades que se consomem as maiores quantidades de recursos e onde são gerados o maior volume de resíduos. Esses autores ressaltam que as cidades se reinventam, principalmente as megacidades, globalizadas, nas quais a diversidade aflora em soluções para o desenvolvimento sustentável de um planeta urbano.

As cidades se tornaram objeto de estudos e formatação de indicadores que possam mensurar a sustentabilidade das cidades. Surgiram diversas plataformas de sistemas de indicadores de sustentabilidade de cidades como o Arcadis (Holanda) ou mesmo o Programa Cidades Sustentáveis (Brasil), que estabelecem indicadores e *rankings* das cidades mais sustentáveis no mundo e no país. Com o objetivo de padronizar os indicadores que mensuram o desempenho das cidades para o desenvolvimento sustentável, a Technical Committee Sustainable Development in Communities elaborou em 2014 a norma técnica ISO 37120:2014 *Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life*. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou na Comissão de Estudo Especial de Desenvolvimento Sustentável em Comunidades (ABNT/CEE-268) a norma técnica NBR ISO 37120 – Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. A norma brasileira é idêntica em conteúdo à norma técnica ISO 37120:2014. Os indicadores serão mensurados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019, *online*).

Contudo, há de se questionar os modelos que surgem quanto a sua real aplicabilidade a cada cidade, pois de acordo com Dantas e Morais (2008), a territorialidade que é construída por meio das relações sociais entre os indivíduos que o habitam e formam seu coletivo é única a cada território. As noções de sustentabilidade de um habitante do sul do Brasil certamente diferem do habitante do norte do país, dado que os fatores culturais e ambientais são distintos. O mesmo ocorre entre as diversas regiões do mundo, que apresentam culturas e ambientes naturais totalmente diversos, como é o caso presente entre os países do BRICS.

Além disso, a realidade presente expõe que os modelos padronizados de desenvolvimento são ainda definidos pelas culturas hegemônicas mundiais conforme foi destacado por Wolfe (1976) e Sunkel (1976). Esses autores ressaltam que cada país possui sua territorialidade, sendo necessário a construção de seus próprios caminhos, baseados em sua história e em seus valores. “[...] é preciso substituir a visão idealizada e mecanicista da teoria convencional por um enfoque que ajude a perceber a natureza concreta da estrutura e funcionamento das sociedades subdesenvolvidas e de seu processo de transformação” (SUNKEL, 1976, p. 526).

Sachs (2008) alerta que a diversidade social, econômica, cultural e dos recursos naturais presente nas microrregiões invalidam a possibilidade de utilizar

modelos padronizados de desenvolvimento. A eficácia das estratégias adotadas “devem dar respostas aos problemas mais pungentes e às aspirações de cada comunidade, superar os gargalos que obstruem a utilização de recursos potenciais e ociosos e liberar as energias sócias e a imaginação” (SACHS, 2008, p. 61). Esse autor argumenta que o processo de desenvolvimento sustentável deve ser construído com a participação de todos os atores da comunidade local, pública e privada.

Todavia, é necessário instigar e promover um crescente senso comum entre os países para a sustentabilidade do seu território. É preciso reduzir a geração de resíduos, seja por medidas preventivas, consumo e produção responsável, reciclagem e reuso de materiais, tanto pelo consumidor final quanto na cadeia produtiva (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*).

Para tal, políticas públicas e parcerias públicas-privadas mostram-se determinantes na mudança cultural do descarte mecânico de resíduos, que se avolumam sobretudo nos centros urbanos com o aumento da população urbana, produção e consumo (LEITE; AWAD,2012; MEADOWS *et al*., 1973).

De acordo com Meadows *et al*. (1973) o ciclo de aumento da população, que por consequência requer maior produção de alimentos, necessitando de maior capital investido e uso de recursos naturais, conduz ao aumento da poluição e extinção dos recursos naturais, que afetam negativamente a escala da produção e da humanidade. Nesse cenário que ainda impera, é preciso intensificar o uso de tecnologias que reduzam o consumo e a consequente geração de resíduos.

Diante do exposto, o referencial teórico dessa tese se fundamenta nas premissas conceituais de sustentabilidade e de cidades sustentáveis e inteligentes, alinhados aos princípios da economia circular, examinando as políticas públicas relacionadas a economia circular e efetuando o recorte no contexto para o panorama dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE).

O descarte global de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) em 2019 foi 53,6 Mt e calcula-se que em 2030 seja de 74 Mt, sendo o fluxo de resíduos de maior elevação no mundo. Destes, estima-se que atualmente apenas 17% são descartados de forma adequada (FORTI *et al*., 2020, GOLLAKOTA; GAUTAM; SHU, 2020; ITU, 2020, *online*; UNITED NATIONS, 2020, *online*).

Ademais, dado que a formação do BRICS é resultante de pensamentos e pontos em comum nas dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais entre esses países emergentes, busca-se apresentar um *framework* aplicável em

políticas de gestão dos REEE domésticos alinhados aos princípios da economia circular, que possam ser aplicadas nos países do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, respeitando a diversidade de cada local. Um framework consiste em uma estrutura conceitual gráfica ou narrativa, que fornece uma visão holística estruturada para tratar com determinado problema ou situação específica, abrangendo os principais fatores-chave, constructos ou variáveis e as relações entre esses. Os *frameworks* podem ser orientados pela teoria ou pelo senso comum (MILES; HUBERMAN, 1994 apud SHEHABUDDEEN *et al*. 1999). Portanto, a pesquisa pretende responder ao seguinte questionamento:

- Quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS?

Esse estudo parte da premissa para sustentação dessa tese, que a construção de um adequado *framework* fundamentado nos princípios da economia circular empregados nos REEE possa servir de base teórica para o delineamento de políticas e ações estruturantes voltadas a esse segmento, contribuindo na promoção do desenvolvimento sustentável do ambiente urbano, procurando equilibrar o aumento da população e da urbanização com um meio ambiente sustentável. A pesquisa pretende demonstrar que mesmo analisando países com características culturais e ambientais diversas, esses possam normalizar políticas e ações voltadas a gestão sustentável do REEE, respeitando seus próprios contextos e cenários.

1.4 Objetivos

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.4.1 Objetivo geral

- Apresentar um framework para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS.

1.4.2 Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo geral define-se quatro objetivos específicos:

1. Descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS.

2. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE nos países do BRICS.

3. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS.

4. Apreciar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS.

1.5 Justificativas, relevância e ineditismo

Nesta seção são apresentadas as justificativas teórica e prática para o desenvolvimento da pesquisa proposta, demonstrando sua relevância e ineditismo. Na justificativa teórica é apresentada a relevância e a evolução das palavras-chave para os descritores e os resultados da pesquisa bibliométrica. Na justificativa prática é apresentado como a pesquisa se alinha ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade na linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento e ao grupo de pesquisa Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial, ambos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, assim como da relevância do estudo ao cenário atual dos movimentos e efeitos da globalização e urbanização.

1.5.1 Justificativa teórica

Os temas que envolvem a sustentabilidade do planeta ganharam maior evidência e relevância a partir dos anos 1970, impulsionados pelas conferências mundiais que reuniram líderes mundiais para debater sobre o equilíbrio entre o

crescimento econômico e a preservação do meio ambiente (UNITED NATIONS, 2020, *online*). Nesse cenário, ampliaram-se os estudos sobre cidades sustentáveis seguindo o mote da sustentabilidade, contudo, outras conceitualizações foram incorporadas ao estudo da dinâmica das cidades, como cidades inteligentes (*smart city*), cidades inovadoras, cidades criativas, e mais recentemente cidades resilientes e cidades lixo zero (FERLIN; REZENDE, 2019; LEITE; AWAD, 2012; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019, *online*; NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*). Todos estes conceitos procuram abrigar características importantes ao desenvolvimento sustentável das cidades, que por sua vez, necessitam de um olhar profundo sobre sua relação à cada uma das definições, analisando sua singularidade e complementariedade.

Além disso, é primordial compreender que o desenvolvimento sustentável das cidades é trilhado por políticas públicas adequadas, fruto de extensa negociação pública-privada, que respeite a territorialidade do local. Sachs (2009) acrescenta que é necessário adotar padrões negociados e contratuais de gestão da biodiversidade, estabelecer o uso racional e sustentável dos recursos naturais em prol das populações locais e incorporar a conservação da biodiversidade como um componente de estratégia de desenvolvimento. Rego (2013) defende que é preciso repensar os conceitos atribuídos às cidades sustentáveis, incorporando novas formas de funcionamento, de gestão pública e de desenvolvimento, no qual a cooperação e parcerias público-privadas devem tomar lugar de destaque na dinâmica das cidades globalizadas do século XXI.

O fenômeno global de aumento acelerado da população nas áreas urbanas das cidades tem levado os pesquisadores a buscarem compreender a dinâmica das cidades contemporâneas, sobretudo das metrópoles, e traçar características necessárias à evolução e sustentabilidade das cidades no ambiente globalizado e de mudanças climáticas (LEITE; AWAD, 2012).

Na transição para ambientes sustentáveis é fundamental tratar da redução da geração de resíduos. Meadows, Randers e Meadows (2004) identificam vários pontos para a necessária transformação da sociedade para uma cultura que vise a sustentabilidade do planeta, que entre outros prevê: (i) adotar tecnologias que reduzam a geração de resíduos ao mínimo, em paralelo com acordos sociais para não produzir resíduos em que a tecnologia e a natureza não possam suportar;(ii) aplicar sistemas de produção de materiais eficientes em circuito fechado; (iii) descentralização do poder econômico, da influência política e conhecimento científico.

Os princípios da economia circular se alinham ao exposto acima e divergem do modelo atual predominante da economia linear, centrado na extração de recursos, transformação e descarte. Segundo Macarthur (2020, *online*), a economia circular envolve redefinir os conceitos de crescimento, do consumo dos recursos e dos benefícios para a sociedade. “Apoiada por uma transição para fontes de energia renovável, o modelo circular constrói capital econômico, natural e social.” (MACARTHUR, 2020, *online*). Essa autora atribui à economia circular três princípios fundamentais: (i) eliminar resíduos e poluição por princípio; (ii) manter produtos e materiais em ciclos de uso, (iii) regenerar sistemas naturais.

Xavier e Ottoni (2019) ressaltam que os preceitos da economia circular, entre estes a mineração urbana, têm alcançado a formatação de políticas pública e de linhas de pesquisa e desenvolvimento que busquem a reintegração dos resíduos nas cadeias produtivas, maximizando seu valor agregado, gerando novas fontes de renda por meio de negócios sustentáveis e mitigando os impactos ambientais e sociais.

Neste contexto, com o propósito de validar o tema proposto a nesta pesquisa e seus recortes foi efetuado um levantamento bibliométrico na linha temporal entre 2015 a 2020, nas bases internacionais Web of Science e Scopus e nas bases nacionais da Scielo.org, indexadas no portal de periódicos CAPES e; na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) em dezembro de 2020. As bases selecionadas seguem o critério de relevância e abrangência internacional e nacional. As palavras-chave “desenvolvimento sustentável”, “cidades sustentáveis”, “economia circular”, “resíduos de equipamentos elétrico e eletrônico” apresentam maior aderência quando pesquisadas em inglês. Deste modo, foram utilizados os termos em inglês *“sustainable development”, “sustainable cities”, “circular economy”, “waste electrical and electronic equipment” “(e-waste)”* e a sigla “BRICS”. O conjunto de descritores associados às palavras-chave “*waste electrical and electronic equipment”* e *“(e-waste)”,* que constituem o recorte objeto dessa tese são apresentados na Tabela 1 na qual estão sintetizados os resultados da pesquisa bibliométrica nas bases mencionadas no período de 2015 a 2020.

Tabela 1 - Artigos e teses: *waste electrical and electronic equipment (e-waste)*

Descritores	Web of Science	Scopus	Scielo Org	BDTD
A + F	52	220	39	219
B + F	2	4	5	3
C + F	113	149	12	32
D + F	5	21	8	82
E + F	1	1	1	0
Total	168	374	65	254
A + G	24	78	0	1
B + G	1	1	0	0
C + G	52	69	2	2
D + G	2	8	0	1
E + G	1	1	0	0
Total	80	157	2	4
A + B + C + D + F	0	0	0	0
A + B + C + D + E + F	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
A + B + C + D + G	0	1	0	0
A + B + C + D + E + G	0	0	0	0
Total	0	1	0	0

A* = *"sustainable development"
B = "*sustainable cities*"
C = "*circular economy*"
D = "*public policy*"
E = "BRICS"
F = "*e-waste*"
G = "*waste electrical and electronic equipment*"

Fonte: Autoria própria (2023)

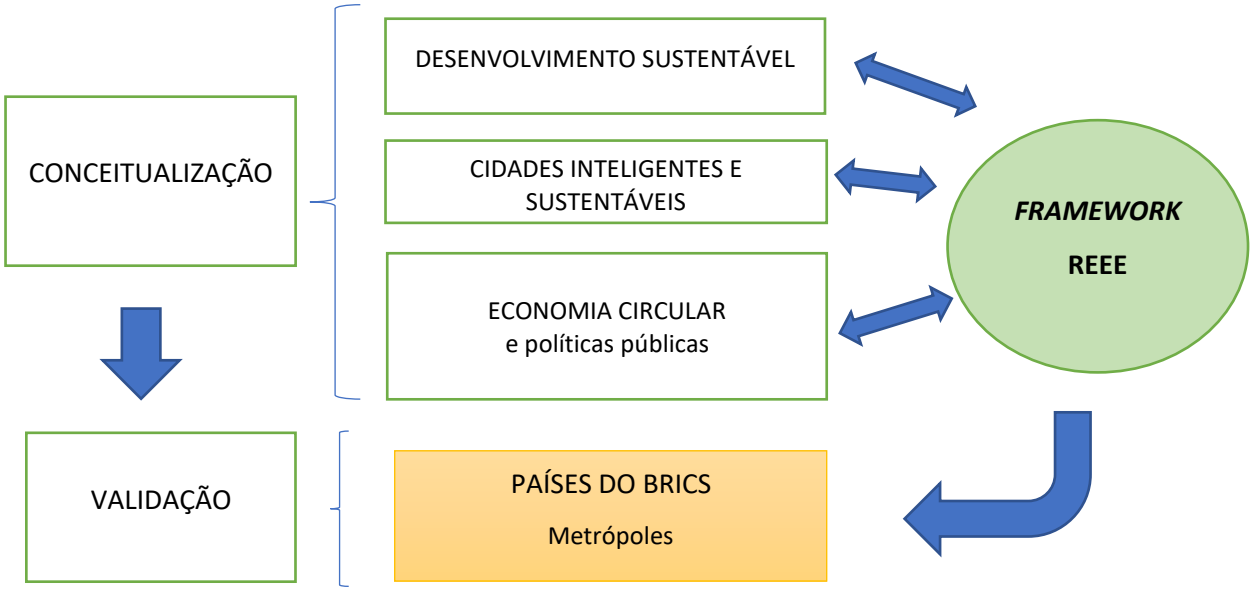
Constata-se na Tabela 1 que os descritores "*sustainable development*" e "*e-waste*" são os que possuem maior número de produções no período de 2015 a 2020 com 530 produções, seguidos por "*circular economy*" e "*e-waste*" com 306. Por outro lado, as produções que abrangem os descritores "*sustainable cities*" e "*e-waste*" e; "BRICS" e "*e-waste*" são mínimos e necessitam de mais estudos dado sua relevância atual. Quando a pesquisa empregou a palavra-chave "*waste electrical and electronic equipment*" associado a "*circular economy*" o descritor obteve 115 produções, enquanto associada a "*sustainable deveopment*" obteve 103 produções. Porém, a relação com os demais descritores também gerou poucas produções. Observa-se que

há ao longo do tempo a preferência pelo emprego do termo *e-waste* e o desuso da sigla WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*).

O ineditismo da pesquisa dessa tese de doutorado comprova-se quando pesquisados os descritores "*sustainable deveplopment*" e "*sustainable cities*" e "*circular economy*" e "*waste electrical and electronic equipment*" ou e-*waste*" ou estes em junção com "BRICS". Nessa pesquisa foi localizada na base Scopus uma produção - *Circular economy and environmental health in low - and middle -income countries* (WRIGHT et al., 2019), que teve por objetivo analisar os impactos dos resíduos dos equipamentos elétricos e eletrônicos na saúde da população, mas não no âmbito dos BRICS. Outra pesquisa foi localizada pelo descritor "*waste electrical and electronic equipment*" e "BRICS". A obra - *Waste electrical and electronic equipment management and Basel Convention compliance in Brazil, Russia, India, China and South Africa (BRICS) nations* (GHOSH *et al*., 2016) consta na base Web of Science e Scopus e teve por objetivo analisar os sistemas existentes de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e o status de conformidade com a convenção da Basiléia nos países do BRICS. Nota-se que pesquisas sobre resíduos de equipamentos elétrico eletrônicos alinhados à economia circular e desenvolvimento sustentável já vem sendo exploradas, ainda que não em grande soma, mas estes alinhados às cidades sustentáveis e políticas públicas, no âmbito do BRICS e dentro dos objetivos dessa tese não foi localizado até o presente.

Desta forma, o levantamento bibliométrico legitima a associação das palavras-chave aos descritores e dos descritores entre si, apresentando uma lacuna de conhecimento a ser explorado na interligação dos conceitos de desenvolvimento sustentável, cidades inteligentes e sustentáveis, economia circular e políticas públicas, resíduos de equipamentos elétrico e eletrônico (*e-waste*) e na validação dos pressupostos nos casos dos países que compõem o agrupamento BRICS, conforme esquematizado na Figura 2.

Figura 2 - Pressupostos conceituais e validação



Fonte: Autoria própria (2023)

Desta forma, a pesquisa buscar associar os estudos dos conceitos teóricos com o retorno para a sociedade na aplicação dos países do BRICS.

1.5.2 Justificativa prática

O tema desenvolvimento sustentável das cidades e a gestão de resíduos está alinhado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade - PPGTE da UTFPR que atua de forma interdisciplinar em investigações na interação entre a tecnologia e a sociedade, na qual reconhece que a sociedade humana altera o meio ambiente, mas este também modifica as conformações da sociedade em seu território (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020, *online*).

Na área de concentração tecnologia e sociedade, o estudo está nivelado à linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento, cujo objetivo é “investigar, refletir, discutir, simular, instigar, temas voltados a elementos e a dinâmicas de processos de desenvolvimento territorial sustentável.” (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020, *online*).

De acordo com o PPGTE (2020, *online),* a linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento baseia-se na produção de conhecimento que considera a construção social da tecnologia nas premissas da territorialidade e da sustentabilidade em seu tripé social, econômico e ambiental. Neste contexto são incorporados estudos sobre cidades, clima urbano, construções sustentáveis, política pública, gestão ambiental, gestão de resíduos sólidos, indicadores, redes socio técnicas, tecnologias apropriadas e de inovação, bem como estudos de futuro.

A pesquisa em questão está integrada ao grupo de pesquisa Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial (PD2T) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), coordenado pelo orientador dessa tese, o Prof. Doutor Christian Luiz da Silva. O estudo se alinha de forma transversal às linhas de pesquisa: (i) instituições, políticas públicas e desenvolvimento e (ii) planejamento territorial e desenvolvimento local, cujos projetos de pesquisa buscam entre outros temas, avaliar a implementação de políticas públicas, o desenvolvimento local e a gestão dos resíduos (POLÍTICAS PÚBLICAS E DINÂMICAS DE DESENVOLVIMENTOS TERRITORIAL, 2020, *online*).

Os estudos sobre gestão dos resíduos e cidades sustentáveis, bem como da aplicação de adequadas políticas e ações estão destacadas na Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), evidenciados no ODS 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis e no ODS 12 – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Os ODS 11 e 12 estabelecem metas a serem considerados no tornar as cidades mais sustentáveis e destacam a redução e gestão dos resíduos sólidos e pontos, por meio dos princípios da economia circular, de prevenção, redução, reciclagem e o reuso (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online;* INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2020, *online*).

Sob outra perspectiva, os movimentos da globalização têm conduzido ao agrupamento entre países que possuem pontos e interesses em comum, como é o caso do BRICS. Os países agrupados em blocos detêm maior poder político e comercial frente à governança global, mas também estimulam acordos de cooperação multilaterais em diversas áreas.

Desde a formação do bloco BRICS, o Brasil, a Rússia, a Índia, a China e a África do Sul têm firmado acordos de cooperação em áreas como ciência e tecnologia, comércio e segurança (ITAMARATY, 2019, *online*). As parcerias têm resultado em

estudos aplicados à inovação, energia, educação, saúde, entre outros, que se transmite em benefícios à população desses países. Cabe reafirmar a importância do BRICS no contexto mundial que representam juntos "[...] cerca de 42% da população, 23% do PIB, 30% do território e 18% do comércio mundial" (ITAMARATY, 2019, *online*). Todavia, mesmo apresentando pontos em comum relevantes, como territórios em dimensões continentais, grandes populações e serem considerados países emergentes de grande potencial, há de se respeitar e considerar a diversidade cultural e ambiental desses países e o destaque da potência chinesa no cenário global.

Portanto, pesquisas sobre desenvolvimento sustentável, cidades sustentáveis, economia circular e políticas públicas, com o recorte para o contexto dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos pretendem contribuir para traçar um futuro voltado ao desenvolvimento territorial sustentável, no qual a sociedade possa conviver em equilíbrio com o meio ambiente.

Esse trabalho pretende propor um *framework* para o desenvolvimento de proposições de políticas e ações baseados nos princípios da economia circular aplicados nos REEE. Essa tese também contribuíra com linhas teóricas basilares a futuros estudos sobre REEE e metrópoles sustentáveis, bem como fornecerá subsídios para a própria expansão de parcerias (harmonização de políticas, soluções tecnológicas) entre os países do BRICS em temas voltados à gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos baseados nos princípios da economia circular e a promoção do desenvolvimento sustentável das metrópoles, cujos grupos de trabalho multilaterais cooperados estão se formando, conforme a Declaração Conjunta do 5º Encontro dos Ministros do Meio Ambiente do BRICS – São Paulo, Brasil, 15 de agosto de 2019 (ITAMARATY, 2019, *online*).

1.6 Embasamento teórico

A fundamentação teórica segue a vertente conceitual de desenvolvimento sustentável de Sachs (1986, 2007, 2008 e 2009), a qual preconiza que o caminho para o desenvolvimento sustentável é trilhado por uma visão holística e interdisciplinar, participativa e negociada entre as esferas da sociedade, em que o uso racional da natureza pode e deve estar alinhado com a sua conservação. Esse autor, por sua vez, também segue os ideais do Relatório Nosso Futuro Comum (1987) (NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*), no qual o "desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz

as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades". Meadows et al. (1972, 1992, 2004) contribuem com o alerta sobre os limites planetários e ponderam que apesar das tecnologias melhoradas do mundo, maior conscientização, políticas ambientais mais fortes, muitos fluxos de recursos e poluição crescem além dos limites sustentáveis, sendo necessário uma revisão abrangente de políticas e práticas que perpetuam o crescimento do consumo material e da população.

A conceitualização de cidades sustentáveis segue a base abordada por Leite e Awad (2012), no qual uma cidade sustentável está voltada aos cidadãos, mas também aos cuidados com o meio ambiente, reduzindo o uso dos recursos naturais e da geração de resíduos. Essa abordagem se alinha aos princípios de economia circular baseados nos estudos de Macarthur (2020, *online*) que redefine o modelo econômico atual de extração, transformação e descarte para a dissociação da produção do consumo de recursos finitos, eliminando os resíduos da cadeia produtiva;

Os estudos sobre políticas públicas alinhados à economia circular se estruturam a partir da análise de Dye (2011) sobre as fases que compõem a elaboração das políticas públicas, que iniciam no diagnóstico dos problemas da sociedade e na priorização da agenda, passam pela formulação das propostas, legalização, implementação, controle e avaliação das políticas públicas. Todo o processo deve ser embasado na participação e na negociação efetiva entre os diversos atores da sociedade. Contudo, a filosofia aplicada às políticas públicas é alinhada as de Sen (2010), que ressalta que as políticas públicas devam ser avaliadas não só pelo crescimento econômico e aumento das rendas, mas também pelo progresso do bem-estar social, no qual se inclui a manutenção de um meio ambiente saudável. Para tal, as escolhas políticas é que determinarão o rumo ao desenvolvimento sustentável.

Nessas premissas, Mazzucato (2011, 2015) defende o papel do Estado empreendedor na criação, no desenvolvimento e nas transições de mercado, pois atua como agente integrador, coordenador, educador e empreendedor em ações correlatas, em todos os níveis da sociedade. O Estado empreendedor pode promover sistemas de inovação nacionais, que são fundamentais na revolução das tecnologias da informação e são essenciais na revolução para tecnologias verdes, pois investe em áreas de risco de retorno, nas quais o setor privado raramente explora.

Somam-se a esses autores, produções científicas de relevância que dialoguem sobre o tema dessa tese, preferencialmente publicados a partir do ano de 2015, quando do acordo global firmado entre países pelo 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.

1.7 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa possui as características da natureza aplicada, pois concentra-se em identificar problemas, elaborar diagnósticos e buscar soluções a questões presentes no cotidiano dos diversos atores sociais, instituições ou organizações (FLEURY; WERLANG, 2017).

O enfoque da pesquisa é qualitativo, no qual “o pesquisador começa examinando o mundo social e nesse processo desenvolve uma teoria coerente com os dados, de acordo com aquilo que observa” (SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO 2013, p. 33). De acordo com esses autores, as pesquisas qualitativas se concentram em explorar fenômenos em ambientes naturais, onde dados geram significados, mas não estão fundamentados na análise estatística. O processo é indutivo, recorrente e pode analisar múltiplas realidades, além de conseguir abranger maior extensão de pesquisa com riqueza interpretativa, que conduzem à profundidade de significados (SAMPIERI, 2013).

Segundo Marconi e Lakatos (2013, p. 27), “quando se deseja colher informações sobre um ou mais aspectos de um grupo grande e numeroso”, surge [...] “a necessidade de investigar apenas uma parte desta população ou universo,” que se define na amostra de uma população. A amostra desta pesquisa segue os padrões da intencionalidade, quando conforme Gil (2002, p.145), “os indivíduos são selecionados com base em certas características tidas como relevantes pelos pesquisadores e participantes”. A finalidade da amostra intencional objetiva um estudo mais rico em conteúdos qualitativos. Nesse estudo, a amostra intencional é constituída pelos países que formam o agrupamento do BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

Os objetivos da pesquisa classificam o estudo em exploratório-descritivo combinados, pois tem o propósito de identificar e descrever completamente um fenômeno (MARCONI; LAKATOS, 2003), assim como tem o propósito explicativo, no qual há “a preocupação central de identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. [...] que aprofunda o conhecimento da

realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas.” (GIL, 2002, p. 42). Em suma, os estudos exploratórios são empregados quando o objeto da pesquisa não possui muitos estudos, os descritivos são utilizados para caracterizar em detalhes os fenômenos da análise e os explicativos buscam identificar as causas dos acontecimentos que se pretende pesquisar (SAMPIERI, 2013). A pesquisa inicia com objetivos exploratórios-descritivos e conclui com objetivos explicativos.

O método de pesquisa selecionado para a pesquisa é o estudo de caso, pois o estudo “investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes” (YIN, 2015, p. 17). Sob uma perspectiva realista, este estudo de caso (BRICS) é composto de estudos de casos múltiplos (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), no qual cada caso é examinado em uma realidade individual e ao final são analisados de forma cruzada (*cross case*), onde se apresenta um conjunto único de conclusões. Os resultados de cada caso podem ser similares ou contrastantes, mas seguem a mesma lógica de replicação do método (YIN, 2015).

As técnicas aplicadas à coleta de dados são predominantemente fundamentadas na pesquisa bibliográfica, na pesquisa documental e em entrevistas semiestruturadas. Entretanto, conforme Yin (2015), o processo de pesquisa no estudo de casos múltiplos requer do pesquisador uma versatilidade metodológica, que pode oportunizar o uso de outras fontes de evidência como a observação direta e a de artefatos físicos ou culturais, que garantam à pesquisa a qualidade necessária dos dados coletados.

A pesquisa bibliográfica “abrange [...] a bibliografia já tornada pública em relação ao tema do estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc., até meios de comunicação orais” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 57-68).

Já a pesquisa documental é efetuada em documentos escritos ou não, de fontes primárias ou secundárias, de caráter contemporâneo ou retrospectivo sobre os temas objetos do estudo (MARCONI; LAKATOS, 2003). Além disso, Yin (2015), distingue entre as fontes de evidência a da documentação e dos registros em arquivo, no qual a informação documental é extraída, por exemplo, de documentos administrativos, estudos formais, recortes de notícias e artigos; enquanto os registros

em arquivo advêm de arquivos de uso público, como dados do censo, registro organizacionais, mapas, gráficos e outros levantamentos produzidos.

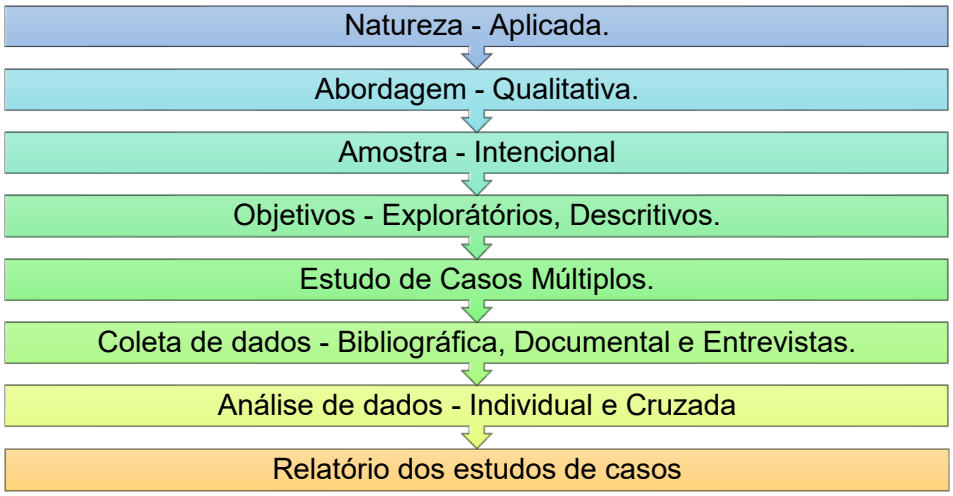
As entrevistas em pesquisas qualitativas têm o caráter mais aberto e flexível e tem o propósito de obter respostas e construir significados relacionados ao tema em questão. “Já as entrevistas semiestruturadas se baseiam em um roteiro de assuntos ou perguntas e o entrevistador tem a liberdade de fazer outras perguntas para precisar conceitos ou obter mais informações sobre os temas desejados” (SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO 2013, p. 425-427).

Para a análise dos dados, que compreende a organização e a exibição dos dados, serão adotadas as estratégias estabelecidas por Yin (2015). Nessas, as estratégias analíticas podem iniciar com a observação de padrões, intuições (*insights*) e conceitos promissores relacionadas aos objetivos específicos da pesquisa. A seguir, se utiliza das proposições teóricas selecionadas para organizar a análise dos dados, porém neste processo podem surgir novos padrões, que exijam o tratamento do zero destes dados. Em paralelo, se realiza o desenvolvimento da descrição de cada caso, individualmente e em sintonia com as prioridades da pesquisa, examinando quadros explicativos rivais e ou alternativos.

A síntese cruzada de casos é a técnica analítica aplicada para a análise das evidências dos estudos de casos múltiplos desta pesquisa, no qual são analisados primeiro os casos de forma individual e posteriormente são totalizados as descobertas dos casos, que podem replicar ou contrastar resultados (Yin, 2015).

O relatório dos estudos de casos consiste em apresentar os resultados das análises e interpretações, apontando as descobertas da pesquisa. O formato do relatório segue uma das quatro categorias propostas por Yin (2015), que é do estudo de casos múltiplos. O relatório é composto pelos casos únicos separados em seções e é adicionado uma seção ao final, que apresentará as análises e interpretações entre os casos. Em suma, a Figura 3 sintetiza as escolhas metodológicas realizadas para o desenvolvimento desta tese de doutorado, a fim de assegurar ao estudo altos níveis de qualidade, validade e confiabilidade.

Figura 3 - Procedimentos metodológicos



Fonte: Autoria própria (2023)

A pesquisa seguirá os protocolos dos procedimentos metodológicos selecionados conforme a Figura 2 – Procedimentos metodológicos, fornecendo as bases necessárias à estruturação do trabalho.

1.8 Estrutura do trabalho

Essa pesquisa de tese de doutorado está estruturada em cinco capítulos somados ao respectivo resumo, referências, apêndices e anexos.

O capítulo 1 apresenta a pesquisa ao leitor, pois a introdução define o tema e a delimitação da pesquisa, levanta os problemas e as premissas, estabelece o objetivo geral e específicos, traz a justificativa teórica e prática, sua relevância e ineditismo, indica a linha do pensamento teórico, delineia os procedimentos metodológicos a serem aplicados, bem como expõe a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 se encontra o referencial teórico subdividido em seções, que se relacionam aos eixos centrais dessa tese: (i) territorialidade e sustentabilidade das cidades; (ii) cidades sustentáveis, inteligentes, criativas e inovadoras, inclusivas e igualitárias, resilientes; (iii) economia circular; (iv) políticas públicas e a economia circular (v) resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) e (vi) BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Esse capítulo tem a finalidade de dialogar com autores sobre os subtemas propostos preponderantemente entre obras publicadas a partir do ano de 2015.

O capítulo 3 apresenta a metodologia aplicada na tese de doutorado, no qual detalha-se a natureza e o enfoque da pesquisa, os métodos e técnicas empregados, assim como os objetivos da pesquisa. Nesse capítulo é detalhado as fases e as etapas a serem seguidas para o alcance dos objetivos propostos.

A análise e discussão dos resultados integram o capítulo 4 dessa tese. Fundamentada no referencial teórico, a coleta e análise dos dados se subdivide em seções, que contêm inicialmente a análise individual de cada país relacionado a cada objetivo específico dessa tese. Na sequência, há uma seção do capítulo destinada à análise cruzada dos casos múltiplos relacionados a cada objetivo desse trabalho.

O capítulo 5 expõe as considerações finais alinhadas aos objetivos específicos e central do estudo apresentadas nessa introdução, as limitações encontradas, assim como recomendações para pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são desenvolvidos os temas que fornecem o embasamento teórico a esta pesquisa de tese.

2.1 Territorialidade e sustentabilidade das cidades

A United Nations (UN, 2020 *online*) estima que as cidades concentrarão 68% da população mundial até 2050, sendo que 10% vivem em assentamentos precários, que deve triplicar até 2050, alcançando a marca de três bilhões de pessoas. Índia, China e Nigéria, dentro das projeções atuais, concentrarão cerca de 35% do crescimento urbano entre 2018 e 2050. Atualmente, 82% da população da América do Norte vive em áreas urbanas, seguidos pela América Latina e Caribe com 81%, Europa com 74% e Oceania com 68%. Na Ásia cerca de 50% da população habita as áreas urbana e na África aproxima-se de 43%.

Ademais, o número de metrópoles, cidades com mais de um milhão de habitantes também vem crescendo. Há 200 anos havia três metrópoles: Londres, Tóquio e Pequim, hoje somam 442 metrópoles. Atualmente, Tóquio é a cidade com a maior população de mais de 37 milhões de pessoas, seguida por Nova Delhi, Shangai, Cidade do México e São Paulo com mais de 20 milhões de habitantes cada. As projeções indicam que até 2030 haverá mais de 43 megacidades com mais de 10 milhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2020*, online*).

Nessa projeção de cenários é primordial compreender a dinâmica das cidades, seu território e a construção de sua territorialidade, estabelecendo a conexão entre ambos, com a finalidade de buscar formas inteligentes e inovadoras de traçar caminhos possíveis ao desenvolvimento sustentável das cidades.

2.1.1 Conceitos e relações entre território e territorialidade

Dantas e Morais (2008, p. 5) argumentam que as definições de território seguem um contexto jurídico, social e cultural, “[...] cuja problematização se ancora em aspectos vinculados a relações que a sociedade estabelece com a natureza, mediadas por mecanismos de apropriação, dominação, ocupação ou posse de uma

fração do espaço.” O resultado das relações dos atores envolvidos fragmenta o espaço e estabelece as funções de como organizar, gerir e manter o território.

O território, segundo Raffestin (2012), é construído pela territorialidade, que é formada pelo conjunto das relações exteriorizadas por uma sociedade, que buscam no uso dos recursos disponíveis a satisfação de suas necessidades. Essas relações sociais não se originam e não afetam exclusivamente o espaço do território.

A territorialidade é definida por Albagli (2004, p. 28) como “as relações entre um indivíduo ou grupo social e seu meio de referência, manifestando-se nas várias escalas geográficas – uma localidade, uma região ou um país – e expressando um sentimento de pertencimento e um modo de agir no âmbito de um dado espaço geográfico.” Para essa autora, a territorialidade formata a identidade do grupo e regula as interações da comunidade.

Rasmussen e Lund (2018), acrescentam que a expansão globalizada da mercantilização dos recursos cria e recria novas fronteiras dos territórios, que afetam a territorialidade do local. A dinâmica das fronteiras altera a ordem social instalada (propriedade, autoridade, política, direitos e comportamentos) e reordena o território.

De acordo com Dantas e Morais (2008), é possível associar as definições de território e territorialidade em quatro vertentes de dimensões: (i) política, relacionadas às relações de espaço-poder; (ii) cultural, onde a identidade cultural e simbólica delimita o espaço; (iii) econômica, associada a fonte de recursos e a relação capital-trabalho; e (iv) natural, fundamentada na relação entre a sociedade e a natureza.

Nesta linha, Albagli (2004) vincula os conceitos de território e a territorialidade as seguintes dimensões: (i) física, relacionadas as características naturais e as práticas sociais; (ii) político-organizacional, que se refere as estruturas de poder estabelecidos nos acordos políticos entre os grupos sociais distintos; (iii) simbólico, vinculada a identidade coletiva formada pelas relações culturais e afetivas; e (iv) econômica, associada a relação do uso dos recursos naturais e o capital-trabalho.

Assim, o território é um espaço físico e simbólico arquitetado pelo capital humano e social da localidade, de sua territorialidade, que está em constante movimento. Contudo, independentemente do tamanho ou das características do território e sua territorialidade, os indivíduos que o habitam e se relacionam almejam, ainda que instintivamente, o desenvolvimento sustentável do local, que abrange o equilíbrio entre o crescimento econômico, progresso social e a preservação do meio ambiente.

2.1.2 Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade

A necessidade do equilíbrio entre o crescimento econômico, progresso social e a preservação do meio ambiente ganharam destaque mundial com a fundação do Clube de Roma em 1968 e pela Conferência das Nações Unidas de Estocolmo de 1972, que se tornaram marcos globais na discussão sobre a sustentabilidade do planeta (UNITED NATIONS, 2019, *online*). Nesse período, as críticas apontadas por Georgescu-Roegen ao processo econômico isolado da natureza encorpam as discussões sobre a economia ecológica e evolucionária (CECHIN; VEIGA, 2010).

Meadows et al. (1972) na obra *The Limits to Growth* (Limites do Crescimento) fruto de uma parceria entre o Clube de Roma e o Massachusetts Institute of Technology (MIT), fizeram um alerta, que repercutiu mundialmente, de projeções de cenários se mantidos o ritmo e a forma do crescimento global. O estudo teve por objetivo analisar as causas e consequências a longo prazo do crescimento da população, do capital industrial, da produção de alimentos, do consumo de recursos e da poluição. Esses autores concluíram que os limites físicos para o uso humano de materiais e energia estavam décadas à frente e que era preciso alterar as tendências de crescimento e estabelecer uma condição de estabilidade ecológica e econômica que fosse sustentável no futuro.

Ao longo da década de 70 e 80 as críticas ecológicas e sociais ao crescimento econômico se intensificaram e os conceitos do ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável se convergem (CASAGRANDE, 2004; PURVIS; MAO; ROBINSON, 2019). Em 1987, o *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future* (Relatório Nosso Futuro Comum da Comissão Brundtland (UNITED NATIONS, 1987, p. 41, tradução nossa, *online*) conclui que o "desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades."

Segundo Sachs (1986), o planejador do ecodesenvolvimento deve conhecer e ponderar as questões ecológicas e antropológicas do local, respeitando sua cultura e o seu ecossistema. "O enorme desafio do ecodesenvolvimento consiste, portanto, na identificação e satisfação, em base sustentável, das necessidades genuínas de

cada pessoa e toda a população, respeitando-se a sua diversidade e potencialidade criativa de mudança" (SACHS, 1986, p. 67).

Diante disso, percebe-se nas conferências internacionais, que os líderes mundiais possuem entendimentos diversos sobre a sustentabilidade, no qual as nações consideradas desenvolvidas, industrializadas, canalizam suas ações para questões ambientais, enquanto as nações em desenvolvimento incluem as questões socioeconômicas. As nações industrializadas há muito tempo vêm consumindo seus recursos naturais para se desenvolver, e necessitam reverter o quadro de escassez de recursos para continuar a crescer, ao passo que nos países em desenvolvimento, as questões de desigualdade social e de renda se sobressaem nos temas mais relevantes para a sociedade (SACHS, 1986).

Em 1990, Elkington (2013) estabelece o tripé da sustentabilidade (*Triple Bottom Line*) que abrange três dimensões essenciais: econômica, social e ambiental. Essas dimensões são utilizadas tanto no ambiente corporativo como por órgãos governamentais e não-governamentais. Sachs (1986) argumenta que uma relação mais equilibrada entre a humanidade e a ecoesfera devem considerar a viabilidade econômica, ter sustentação ecológica e devida adequação social. Em concordância, a Organization for Economic Co-operation and Development (OECD, 2008) afirma que independentemente do cenário analisado, as pessoas, as relações econômicas e seus habitats sempre estarão interligados. "Podemos ignorar essa interdependência durante alguns anos ou décadas, mas a história mostra-nos que dentro em breve somos relembrados disso por um qualquer tipo de alarme ou crise" (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2008, p. 2, tradução nossa).

Meadows et al. (1992) ponderam que apesar das tecnologias melhoradas do mundo, maior conscientização, políticas ambientais mais fortes, muitos fluxos de recursos e poluição crescem além dos limites sustentáveis. Conforme esses autores, a exploração de recursos essenciais e a geração em demasia de poluentes já superaram as taxas fisicamente sustentáveis ao planeta. É preciso uma revisão abrangente de políticas e práticas que perpetuam o crescimento do consumo material e da população. Uma sociedade sustentável ainda seria tecnicamente e economicamente possível. A transição para uma sociedade sustentável requer um equilíbrio cuidadoso entre metas de longo prazo e de curto prazo, ênfase na suficiência, equidade, qualidade de vida e não no aumento da produção, consumo e

capital. Requer mais que produtividade e mais que tecnologia; também requer maturidade, compaixão e sabedoria.

Para tal, Sachs em 2009, amplia as dimensões a serem consideradas ao desenvolvimento sustentável para: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional. O desenvolvimento sustentável contempla ações de conservação, assim como de aproveitamento racional da natureza e é trilhado por "[...] uma abordagem holística e interdisciplinar, na qual cientistas naturais e sociais trabalhem juntos em favor do alcance de caminhos sábios para o uso e aproveitamento dos recursos da natureza, respeitando sua diversidade" (SACHS, 2009, p.31).

Fernandes e Rauen (2016) defendem que a interdisciplinaridade é a única resposta acadêmica capaz de alcançar a reintegração do conhecimento necessário para abordar o paradigma da sustentabilidade, pois buscam-se compromissos entre o que é essencial, desejado e possível, tanto dentro quanto fora da academia. Da Silva (2005) esclarece o uso dos conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade: o primeiro se relaciona aos meios e o segundo ao objetivo final. "O foco principal, ao se discursar e se preocupar com a sustentabilidade está na vinculação do tema ao lugar a que se pretende chegar; enquanto, com o desenvolvimento, o foco está em como se pretende chegar" (DA SILVA, 2005, p.3).

Sachs (1986) e Gadda (2018) observam que os atuais padrões de consumo e de produção resultantes de um mundo cada vez mais interconectado requer que as questões de sustentabilidade sejam analisadas globalmente, relacionando os impactos sociais, econômicos e ambientais. Neste inter-relacionamento, três componentes devem ser observados: os agentes, as causas e efeitos; pois políticas adotadas em países desenvolvidos influem em países emergentes e vice-versa. Países importam alimentos de outros países, que podem estar degradando seu ambiente para a produção, que por sua vez, podem afetar o globo.

Assim, Keesstra et al. (2018) reforçam que o desenvolvimento sustentável é obtido por uma abordagem holística, que vise o equilíbrio entre a economia, a sociedade e a biosfera; de soluções integradas baseadas na natureza e na economia regenerativa. Conforme Da Silva et al. (2020, p. 2), "isso requer a integração das questões de sustentabilidade ao processo de tomada de decisão, que depende da identificação e avaliação temporal dos impactos socioambientais." Para tal, são necessárias análises baseadas em indicadores, índices e sistemas de indicadores.

Nesse contexto, a ONU tem se dedicado entre seus propósitos a propagar entre os líderes mundiais a importância de implantar uma agenda para o desenvolvimento sustentável. Em 2000, foram acordados entre os países membros oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) a serem atingidos até 2015, que abrigavam temas como a fome e a miséria, ensino básico, igualdade, mortalidade infantil, saúde das gestantes, combate à AIDS, malária e outras doenças e, sustentabilidade ambiental (NAÇÕES UNIDAS, 2019, *online*). Os sucessos e aprendizados obtidos na ação global dos ODM norteou a formatação da Agenda 2030.

A agenda 2030, como é conhecida, foi acordada entre os líderes dos países-membros da ONU em 2015 e é composta de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que contemplam 169 metas a serem atingidas até o ano de 2030. De acordo com as Nações Unidas (2019, *online*), os ODS estão fundamentados em cinco dimensões (5 P's): (i) pessoas: erradicar a fome e a pobreza de todas as maneiras; (ii) prosperidade: garantir vidas prósperas e plenas, em harmonia com a natureza; (iii) planeta: proteger os recursos naturais e o clima do nosso planeta; (iv) paz: promover sociedade civis pacíficas, justas e inclusivas; (v) parcerias: implementar a agenda por meio de uma parceria global sólida. O Quadro 1 detalha o objetivo de cada tema.

Quadro 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

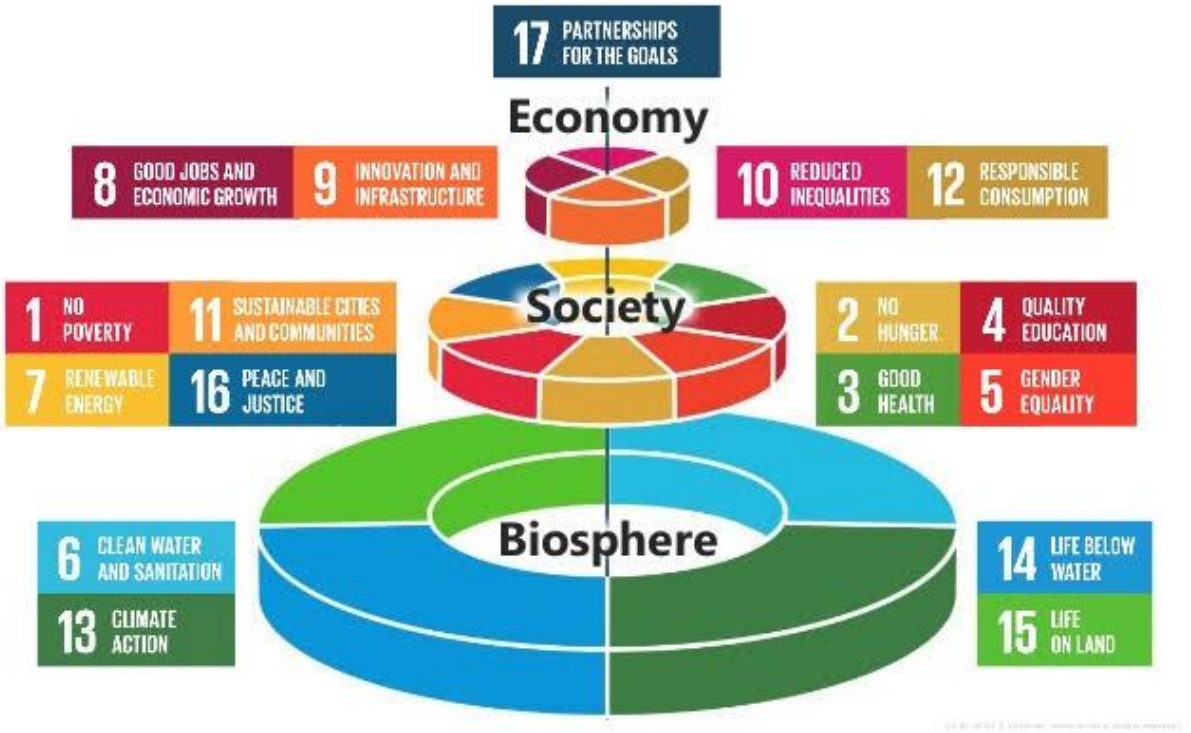
Tema	Objetivo
1 – Erradicação da pobreza	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
2 - Fome zero	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
3 – Boa saúde e bem-estar	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
4 – Educação de qualidade	Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
5 – Igualdade de gênero	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
6 – Água limpa e saneamento	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.
7 – Energia acessível e limpa	Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.
8 – Emprego digno e crescimento econômico	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.

9 – Indústria, inovação e infraestrutura	Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
10 – Redução das desigualdades	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
11 – Cidades e comunidades sustentáveis	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
12 – Consumo e produção responsáveis	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
13 – Combate às alterações climáticas.	Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.
14 – Vida debaixo da água	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
15 – Vida sobre a Terra	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
16 – Paz, justiça e instituições fortes	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
17 – Parcerias em prol das metas	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Nações Unidas (2023)

Os ODS são interdependentes entre si, necessitam de ações globais e do agir local, norteando e integrando políticas nacionais e regionais que promovam o desenvolvimento sustentável, através de parcerias público-privada, com vistas ao cumprimento das metas. A Figura 4 ilustra a interdependência entre os ODS onde observa-se que os ODS estão distribuídos em quatro objetivos relacionados diretamente ao meio ambiente, oito objetivos se relacionam a dimensão social e quatro objetivos estão alinhados a economia, porém todos estão interconectados e dependem de parcerias e cooperação público-privada.

Figura 4 - ODS e sua relação com a biosfera, sociedade e economia



Fonte: Keesstra et al. (2018), adaptado do Stockholm Resilience Centre (Centro de Resiliência de Estocolmo)

Os temas de estudo dessa tese estão alinhados ao ODS 11 – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, com sua meta 11.6 - até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros e; ao ODS 12 – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, cuja meta 12.4 almeja até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente e; da meta 12.5 - até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (NAÇÕES UNIDAS, 2019, *online*). Verifica-se que em ambos ODS (11 e 12), há metas voltadas à gestão do resíduo, tema dessa pesquisa.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019, *online*), o desenvolvimento sustentável das cidades é trilhado por políticas e ações globais e locais, em parcerias público-privadas que contemplem as dimensões

econômicas, sociais e ambientais, através da dimensão institucional, que “[...] diz respeito à orientação política, capacidade e esforço despendido por governos e pela sociedade na implementação das mudanças requeridas para uma efetiva implementação do desenvolvimento sustentável.”

Holden et al. (2017) acrescentam que ações e políticas para implantar os ODS devam se alinhar a realidade local e, portanto, satisfazer as necessidades humanas, promover a igualdade social e respeitar os limites ambientais, de acordo com a prioridade do local. Esses autores alegam que nem sempre a prioridade do local é o crescimento econômico.

Purvis, Mao e Robison (2019) sustentam que as metas e ODS da ONU são motivadoras a um planeta mais sustentável, porém há de se considerar que a abordagem da ONU aos ODS segue os princípios de que a degradação ambiental é em grande parte causada pela pobreza. Assim, os países em desenvolvimento precisam de crescimento econômico para reduzir a pobreza e consequentemente a degradação ambiental. Todavia, este princípio não pode ser generalizado a todos os países do planeta. Esses autores endossam a ideia de que é necessário analisar de forma critica os modelos a serem empregados para o desenvolvimento sustentável local, pois todo modelo é constituído de sua parte política, teórica e ideológica, que pode não ser a mais indicada para determinada localidade.

A OECD (2008, *online*) contrapõe e alega que apesar das diferenças de cada país, as premissas da sustentabilidade são as mesmas para todos. O crescimento econômico de um país não reduz a pobreza por si só, mas está relacionado a indicadores de melhoria da qualidade de vida, como educação e saúde da população. Políticas e ações sustentáveis requerem governança pública e participação social.

Sob outra perspectiva, Leite e Awad (2012), justificam que é nas cidades que serão dadas as respostas para um futuro mais sustentável, pois é nelas que se encontram os problemas das sociedades, como escassez de renda e desigualdade social, consumo de recursos e a geração de resíduos além dos limites suportados pelo ambiente natural.

Em suma, os estudos teóricos realizados indicam que os ODS traçam 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável do planeta, porém as ações globais podem servir de norte para as ações locais, na qual a sociedade local deve analisar e estabelecer suas prioridades, com base em suas necessidades. Desta forma, modelos de ações e políticas podem servir igualmente de orientação, mas organizações

público-privadas devem gerar suas próprias versões, levando em conta sua diversidade e seus limites ambientais e sociais. Assim, as cidades precisam diagnosticar o cenário atual do seu desenvolvimento e onde almejam chegar, no médio e longo prazo, primando pela construção de ações e políticas com a sociedade.

Contudo, cabe a indagação de como transformar ideais globais em ações práticas locais e regionais, em um sistema planetário tão diverso, seja na dimensão econômica, social e ambiental. Nesse contexto, as cidades poderiam ser as protagonistas de mudanças planetárias, adotando os princípios da sustentabilidade em suas políticas e ações, em parcerias pública-privadas, e por onde iniciar?

A fim de compreender a caracterização da sustentabilidade das cidades no panorama global contemporâneo, se faz necessário entender as definições relacionadas às cidades e metrópoles, de cidades sustentáveis, cidades inteligentes (*smart cities*), cidades criativas e inovadoras, cidades inclusivas e igualitárias e cidades resilientes analisando a relação entre os conceitos e o desenvolvimento sustentável das cidades.

2.1.3 Cidades sustentáveis e outros *brandings* urbanos contemporâneos

À medida que as premissas dos conceitos de desenvolvimento sustentável foram ganhando consistência e relevância, surgiram outras definições relacionadas às cidades, dada sua importância global para a sustentabilidade do planeta em crescente urbanização. Mendes (2020, p.1) clarifica que a urbanização do planeta segue “[...] quatro grandes tendências demográficas mundiais: crescimento populacional, envelhecimento populacional, migração e urbanização.”

Essas variáveis pressionam as cidades em maior produção de produtos e consumo de recursos naturais, geram maiores níveis de poluição de todas as formas, bem como de emissões de gases de efeito estufa (HANDAYANTO et al. 2017). “As cidades são responsáveis por dois terços do consumo total de energia do mundo e por 70% de todas as emissões de gases de efeito estufa” (WORLD BANK, 2020, tradução nossa, *online*). Nesse contexto, os sistemas de saúde, educação e mercado de trabalho são compelidos a atender a demanda resultante do contingente populacional.

Com a tendência de urbanização do planeta e concentração da população em grandes centros urbanos, é preciso moldar o desenvolvimento das cidades

alinhado aos princípios da sustentabilidade, em que se privilegie as parcerias público-privada- sociedade, pois o agir local das gestões das cidades é parte fundamental à sustentabilidade do planeta (SACHS, 2009; LEITE; AWAD, 2012; UN, 2020, *online*).

Porém, Sachs (1986) pondera que a acessibilidade ao uso da tecnologia fora dos grandes centros urbanos tende a reverter em parte o movimento de habitar as grandes metrópoles, priorizando a segurança e qualidade de vida dos pequenos e médios centros urbanos. De acordo com a UN (2020, *online*), alguns países apresentam cidades com estagnação ou declínio da população, seja pelo baixo índice de nascimentos ou pela migração. Leite e Awad (2012) expõe que nos países desenvolvidos como Rússia, Alemanha, Itália, Japão percebe-se esse movimento de declínio populacional. A China também já apresenta declínio do crescimento da população. Entretanto, a África e a Índia mantem a projeção de crescimento da população e urbanização.

Nesse cenário, cidades competem por pessoas e investimentos para alavancar sua economia, fundamentados em abordagens urbanas que melhor retratem a imagem da cidade, que podem ou não constituir o planejamento estratégico da cidade. A adjetivação das cidades procura atribuir uma identidade ao território, pela qual a cidade será reconhecida em suas esferas de relacionamento, tanto regional, nacional ou internacional. A marca, rótulo atribuído à cidade pode ser construído através de um conjunto de ações estruturantes que desenvolvam e promovam uma atividade de interesse local e representará a especialização do território (ASHTON; EMMENDOERFER; EMMENDOERFER, 2018). Essa prática é adotada por governos municipais para revitalizar a imagem pública do município, mas também podem surgir de movimentos organizados da sociedade ou ainda pela própria vocação da cidade (EMMENDOERFER, 2019). A teoria do *place-branding*, baseada na relação da identidade do local com a marca do local, considera que a cidade é formada de sistemas dinâmicos em constantes movimentos de interações internas e externas (KAVARATZIS; HATCH, 2013). Os *brandings* urbanos se situam nesses ambientes complexos e em constante movimento que são as cidades e compreender as abordagens atribuídas às cidades deve ser precedida do conhecimento dessas definições, ora desenvolvidas nesse estudo.

Entre os conceitos mais empregados estão o de cidade sustentável, cidade inteligente, cidade resiliente, cidade criativa e de cidade global (BIBRI; KROGSTIE,

2017; HATUKA, 2018, MENDES, 2020). Hatuka (2018) resume cidade global como aquela que se baseia no fluxo intenso de capital através da liberalização da economia, redução do poder do Estado e fortalecimento do setor privado. Tóquio, Dubai, São Francisco, Nova York, Londres são tidas como exemplos de cidades globais. Para fins dessa pesquisa são explorados os conceitos de cidades sustentáveis, inteligentes (*smart cities*), cidades inteligentes e sustentáveis, criativas e inovadoras, inclusivas e igualitárias, bem como de cidades resilientes, relevantes ao estudo das cidades dos países do BRICS.

O desenvolvimento sustentável das cidades depende, em primeiro lugar, de diagnosticar e analisar as tendências da urbanização regional, assim como da nacional e global, que devem perdurar pelos próximos anos e; de políticas públicas que consigam incluir e atender as demandas do crescimento urbano. As políticas públicas devem mirar na infraestrutura adequada ao ambiente da cidade, de forma a permitir a todos o acesso à assistência médica, educação, moradia e trabalho (UNITED NATIONS, 2020, *online*).

Camagni, Capello e Nijkamp (1998), Jenks e Jones (2010), Cepeliauskaite e Stasiskiene (2020) argumentam que uma cidade é formada por diversos ambientes inter-relacionados. O desenvolvimento sustentável do ambiente urbano é um processo complexo, que incorpora diversas variáveis e estão sujeitas à diversidade local. Ademais, ambientes urbanos sustentáveis são analisados e conceituados sob diferentes áreas da pesquisa e logo, são conceituados sob diferentes visões. Portanto, é primordial a interface entre a sociedade, setor público, setor privado e academia para compreender o meio urbano e atuar com eficiência nas questões econômicas, sociais e ambientais das áreas urbanas.

Para Camagni, Capello e Nijkamp (1998) e Kenworthy (2006), a cidade sustentável é criada pela representação e participação dos cidadãos e do setor empresarial em todas as áreas da vida urbana, na qual os interesses socioeconômicos estejam alinhados aos interesses ambientais e culturais. Camagni, Capello e Nijkamp (1998) acrescentam que a cidade é um “ambiente de artefato”, pois o ambiente natural foi modificado para a criação do espaço urbano e encontra-se em constante evolução, procurando adaptar-se e equilibrar-se frente a dinâmica dos ambientes. Esses autores enaltecem a sinergia que as aglomerações urbanas podem propiciar. Defendem que a cidade sustentável não é uma cidade que conseguirá igualdade para todos, mas permitirá a acessibilidade aos aspectos básicos da vida humana. A dimensão natural

e construída deve ser preservada, mas deve permitir mudanças progressivas e planejadas ao longo do tempo.

"O conceito de cidade sustentável reconhece que a cidade precisa atender aos objetivos sociais, ambientais, políticos e culturais, bem como aos objetivos econômicos e físicos de seus cidadãos" (LEITE; AWAD, 2012, p. 135). "Em geral, uma cidade sustentável é uma cidade onde os cidadãos minimizam o uso de recursos naturais e geram menos desperdício, [...] preservando os recursos naturais e os direitos iguais da natureza e da humanidade" (CEPELIAUSKAITE; STASISKIENE, 2020, p. 12, tradução nossa). Para Leite e Awad (2012), Kenworthy (2006), Jenks e Jones (2010) os modelos de desenvolvimento devem buscar o uso mais eficiente possível dos recursos naturais em equilíbrio com as fontes de saída, em particular dos resíduos gerados. Kenworthy (2006) destaca que as formas urbanas sustentáveis aplicam tecnologias ambientais idealmente de circuito fechado para gerenciar os sistemas de água, energia e resíduos.

Kenworthy (2006), Leite e Awad (2012), Bibri e Krogstie (2017) Monroy et al. (2020) defendem o modelo de cidade compacta e eficiente para uma cidade sustentável. A cidade compacta apresenta dois fatores decisivos a se tornar eficiente: (i) a otimização dos recursos consumidos e; (ii) mobilidade acessível e multimodal. Outros fatores contribuem para as densidades qualificadas como uso misto do solo, multicentralidade conectadas por redes de mobilidade, meios de transporte diversos, que priorizem o uso do coletivo e o de energias limpas, áreas verdes e eventos de lazer coletivos, assim como o respeito à geografia natural do local.

Além das alegações ambientais, argumenta-se que as formas urbanas compactas trazem benefícios sociais e econômicos, pois a proximidade da moradia com o trabalho e acesso às necessidades básicas como saúde, educação e lazer promovem a interação comunitária e a equidade social, assim como a densidade e diversidade instalada favorece a formação de empresas e de redes de inovação e criatividade (KENWORTHY, 2006; JENKS; JONES, 2010; BIBRI; KROGSTIE (2017).

Porém, Jenks e Jones (2010) questionam até que ponto as formas urbanas compactas contribuem para a sustentabilidade ambiental, social e econômica do todo das cidades, visto que os estudos de casos realizados carecem de evidências conclusivas. Kenworthy (2006) justifica que as formas urbanas compactas são úteis sobretudo às cidades de países desenvolvidos e às cidades que possuem crescimento acelerado dos centros urbanos, no qual as ações voltadas à mobilidade

devem se tornar o nexo para a sustentabilidade. Handayanto et al. (2017, p. 16, tradução nossa) considera que “[…] embora a sustentabilidade da cidade compacta ainda esteja sendo debatida, sua combinação com outras formas urbanas sustentáveis pode ser mais confiável”.

A comunidade científica vem pesquisando a definição mais adequada para uma cidade sustentável, bem como os órgãos governamentais e não governamentais buscam delimitar aspectos que constituam o desenvolvimento urbano sustentável.

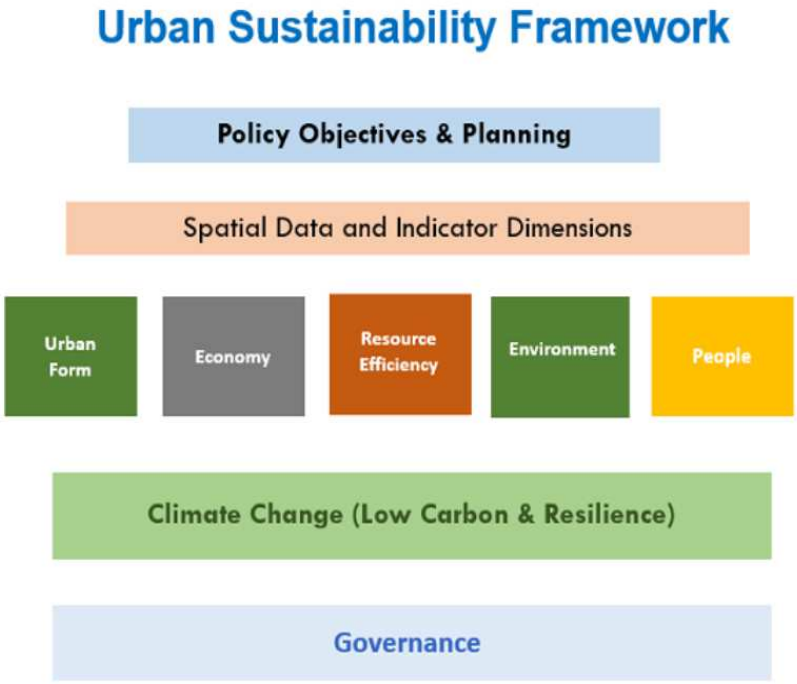
A sustentabilidade das cidades é destacada nos ODS (UNITED NATIONS, 2020, *online*) pelo Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. As metas desse objetivo relacionam-se à habitação, mobilidade, urbanização, patrimônio cultural e natural, espaços públicos, planejamento nacional e regional, gerenciamento de riscos e apoio técnico e financeiro. Os temas reforçam o ideal de cidades seguras e inclusivas. A UN (2020, *online*), através do segmento Habitat III, fundamentados nos 17 ODS e em especial ao ODS 11, organizou a *New Urban Agenda* (Nova Agenda Urbana), que incorpora a correlação entre a urbanização e o desenvolvimento sustentável, na qual a urbanização é a força motriz para a geração de empregos e melhor qualidade de vida a todos. O “direito à cidade” está apoiado nos conceitos de desenvolvimento sustentável:

> Compartilhamos uma visão de cidades para todos e todas, aludindo ao uso e ao gozo igualitários de cidades e assentamentos humanos, com vistas a promover a inclusão e a assegurar que todos os habitantes, das gerações presentes e futuras, sem discriminação de qualquer ordem, possam habitar e produzir cidades e assentamentos humanos justos, seguros, saudáveis, acessíveis física e economicamente, resilientes e sustentáveis para fomentar a prosperidade e a qualidade de vida para todos e todas. Registramos os esforços empenhados por alguns governos nacionais e locais no sentido de integrar esta visão, conhecida como “direito à cidade”, em suas legislações, declarações políticas e estatutos (UNITED NATIONS, NEW URBAN AGENDA, 2017, p.5, tradução nossa, *online*).

A Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) adota as premissas da *New Urban Agenda* (UN – Habitat III) para os programas de desenvolvimento urbano. Em parceria com os governos, procuram definir padrões internacionais, moldando políticas que promovam o crescimento econômico, igualdade social, sustentabilidade ambiental e evitem a sonegação internacional (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2020, *online*).

O World Bank (2020, *online*) tem o lema que cidades sustentáveis são construídas por “comunidades inclusivas, resilientes e sustentáveis” e seguem quatro premissas: (i) são ambientalmente sustentáveis em termos de limpeza e eficiência; (ii) são resistentes a choques sociais, econômicos e naturais; (iii) são comunidades inclusivas a todos os grupos de pessoas; (iv) são comunidades competitivas que podem permanecer produtivas e gerar empregos para os membros da comunidade. Cidades sustentáveis são essenciais para o alcance das metas dos ODS até 2030. De acordo com a instituição, uma estrutura da sustentabilidade urbana deve ser composta por objetivos e planejamento de políticas, uso de dados e indicadores, abranger as dimensões: (i) das formas urbanas, (ii) economia, (iii) eficiência de recursos, (iv) meio ambiente, (v) pessoas, considerar as mudanças climáticas, especialmente as emissões de carbono e a resiliência, assim como toda a estrutura estar fundamentada em princípios de governança. A Figura 5 exibe a Estrutura da Sustentabilidade Urbana (*Urban Sustainability Framework*).

Figura 5 - Estrutura da Sustentabilidade Urbana (*Urban Sustainability Framework*)



Fonte: World Bank (2020)

A *Global Platform for Sustainable Cities* (GPSC, Plataforma Global para Cidades Sustentáveis) do World Bank atua dentro dos parâmetros da estrutura da sustentabilidade, com uma visão holística dos centros urbanos, disponibiliza dados,

ferramentas e treinamentos, formata planos de desenvolvimento que iniciam com o diagnóstico da sustentabilidade da cidade, definem os objetivos e as prioridades, financiam planos de melhoria, monitoram e avaliam a evolução. Atualmente, o GPSC engloba 30 cidades em 11 países, entre eles: Brasil, China, Índia e África do Sul.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020, *online*) refere-se às cidades sustentáveis, considerando as dimensões ambiental, social e econômica. O órgão, enfatiza a implementação por todas as cidades da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e melhorias no ordenamento urbano, que priorize questões como a mobilidade urbana, poluição de todas as formas, energia, água, áreas verdes e o bem-estar da população.

Diante dos vários aspectos abordados para definir uma cidade sustentável, surgem de igual forma diversos modelos para avaliar a sustentabilidade das cidades. A União Europeia, através da Eurostat, subsidia os países membros com dados estatísticos fundamentados nos 17 ODS. Os indicadores relacionados ao ODS 11 mensuram os níveis de pobreza, poluição, reciclagem de resíduos, saneamento básico, mobilidade e violência (EUROSTAT, 2020, *online*).

Os Estados Unidos, que possuem 80% da população residindo em cidades, avalia o progresso dos ODS à nível municipal, estadual, nacional e suas interconexões. O relatório de desenvolvimento sustentável de cidades dos EUA vem incorporando mensurações e o de 2019 é composto de 57 indicadores, monitoram as 105 maiores áreas urbanas do país e se relacionam a 15 do 17 ODS. Há a lacuna do ODS 14 – Vida embaixo da água e do ODS 17 – Parcerias pelas metas. No ODS 11 são analisados dados sobre a mobilidade e gastos com aluguel, entretanto todos os indicadores avaliados dos ODS são adaptados à realidade das cidades. O relatório de 2019 concluiu que as cidades com melhor desempenho de desenvolvimento sustentável são as cidades metropolitanos de porte médio, mas a maioria das ações de mobilidade sustentável encontram-se nos grandes centros urbanos. Contudo, a sobrecarga com gastos de aluguel nos centros urbanos empurra a população para áreas mais afastadas, que procuram de igual forma, meios de mobilidade mais acessíveis e sustentáveis. Desse modo, é primordial que as cidades se engajem em redes de práticas, incorporando representantes de empresas, universidades e sociedade. “[...] as cidades precisarão lidar com as desigualdades econômicas, raciais e de gênero; encontrar soluções de energia limpa; fornece opções de trânsito

sustentáveis; e garantir acesso equitativo à moradia" (SUSTAINABLE DEVELOPMENT SOLUTIONS NETWORK, 2020, p. 33, tradução nossa, *online*).

No Brasil, encontra-se em processo de implementação a Norma Técnica ISO 37120:2017 que versa sobre o desenvolvimento sustentável de comunidades - indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Essa norma se espelha na ISO 37120:2014 – *Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life* elaborada pelo Technical Committee TC 268 da International Organization for Standardization (ISO). O conjunto de indicadores da ISO 37120 abrangem dados econômicos, sociais, ambientais e de governança, que subsidiarão a avaliação do desenvolvimento sustentável das cidades (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, *online*).

De outra parte, o Programa Cidades Sustentáveis busca sensibilizar os gestores das cidades brasileiras ao programa das cidades sustentáveis, que conta com o apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil, do Instituto Ethos, entre outros. O programa mensura indicadores relacionados os 17 ODS das cidades signatárias, propõem uma agenda para a sustentabilidade e mantem um banco de melhores práticas. Os eixos de trabalho incluem o acesso à saúde e educação, economia criativa e sustentável, bens naturais e consumo responsável, gestão local e governança, mobilidade, equidade e melhor ordenamento urbano. Até março de 2020, 214 cidades brasileiras aderiram ao programa de cidades sustentáveis, sendo que os Estado do Paraná e de São Paulo são os que detém maior número de cidades vinculadas: 58 e 42 respectivamente (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2020, *online*)

Assim, percebe-se que a academia, governos e sociedades reconhecem que o desenvolvimento sustentável das cidades é decisivo para a sustentabilidade do planeta e que dados de indicadores são primordiais para a formatação de planejamentos sólidos e sustentáveis. Os bancos de dados estão em formatação em várias esferas e locais, em menor ou maior velocidade, dependendo do engajamento e investimentos dos países e agrupamentos. Todavia, a diversidade local deve ser considerada tanto na coleta de dados quanto na análise dos dados. Jones (2010), Leite e Awad (2012), Bibri e Krogstie (2017) e órgãos como as United Nations e o World Bank reconhecem a diversidade local e que esta deve ser considerada nos moldes para o desenvolvimento sustentável das cidades.

Leite e Awad (2012, p.50) argumentam que “[...] mesmo nos lugares onde os vetores da globalização estão mais presentes, o território habitado e com vida local mantém características próprias, cria novas sinergias que se contrapõem à globalização.” Segundo esses autores, há um conflito constante nas relações culturais da sociedade local, que geram novas conexões em cooperação ou em contradição. Assim, as diversidades locais vão da economia à ideologias e se refletem na formação urbana.

A *New Urban Agenda* ressalta que não existe uma única forma de viabilizar formas urbanas sustentáveis e reconhece que a diversidade local é fonte de enriquecimento para o desenvolvimento sustentável para as cidades. Ademais, “[...] a cultura deve ser considerada na promoção e implementação de novos padrões de consumo e produção sustentáveis que contribuam para o uso responsável dos recursos e que enfrentem os impactos adversos das mudanças climáticas” (UNITED NATIONS, 2020, *online*). O World Bank, por sua vez, busca trabalhar “projeto a projeto”, dentro da realidade de cada comunidade (WORLD BANK, 2020, tradução nossa, *online*). Em face do exposto, percebe-se a complexidade de conceituar cidades sustentáveis. Observa-se que os autores e órgãos citados defendem determinados conceitos e aspectos, sob o olhar de determinadas dimensões. O Quadro 2 sintetiza estas perspectivas.

Quadro 2 - Dimensões e ideais de cidade sustentável

Autores - Órgãos	**Dimensões abordadas**	**Ideais defendidos**
Sachs (1986, 2007, 2009)	Social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e internacional	Desenvolvimento participativo e negociado. Conservação e uso racional dos recursos naturais.
Camagni, Capello e Nijkamp (1998)	Social, econômica, ambiental e cultural	Planejamento participativo e negociado. Alinhamento dos interesses socioeconômicos, ambientais e culturais.
Kenworthy (2006)	Sociais, econômicas, ambientais e culturais	Formas urbanas compactas e orientadas a mobilidade. Processos de tomada de decisão democráticos e inclusivos.
Jenks e Jones (2010)	Ambiental, social e econômica	Defendem formas urbanas compactas, mas questionam seu uso à todas as cidades.
Leite e Awad (2012)	Social, ambiental, político, cultural, econômico e físico.	Cidade compacta e eficiente.
Handayanto et.al. (2017)	Otimização do uso da terra	Cidade compacta combinada com outras formas urbanas sustentáveis.
Cepeliauskaite e Stasiskiene (2020)	Ambiental, social e econômico	Ecossistemas urbanos sustentáveis que minimizam o uso de recursos naturais e

		geram menos desperdício, preservando os recursos naturais e os direitos iguais da natureza e da humanidade.
United Nations (2020) ODS e New Urban Agenda	Habitação, mobilidade, urbanização, patrimônio cultural e natural, espaços públicos, planejamento nacional e regional, gerenciamento de riscos e apoio técnico e financeiro.	ODS 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis Interrelação e interdependência com os demais ODS. Ação global e agir local.
Organization for Economic Co-operation and Development (2020)	Econômica, social, ambiental e institucional.	Formatação de políticas na construção de cidades inteligentes, sustentáveis e inclusivas. Resiliência das cidades. Padrões de governança internacional.
World Bank (2020) Global Platform for Sustainable Cities	Formas urbanas, econômicas, eficiência de recursos, meio ambiente e pessoas	Construção de comunidades inclusivas, resilientes e sustentáveis.
Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2020)	Ambiental, social e econômico.	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ordenamento e mobilidade urbana, redução da poluição, eficiência energética, economia de água e. qualidade de vida.

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se no Quadro 2 que a dimensão econômica, social e ambiental estão presentes na maioria dos estudos da academia e dos trabalhos propostos pelos órgãos pesquisados. Os ideais defendidos na conceitualização de cidades sustentáveis incluem a participação social e negociada na tomada de decisões sobre as questões da cidade, preservação do ambiente natural e cultural, uso racional dos recursos naturais e eliminação dos resíduos e poluição de todas as formas. Constata-se que aspectos relacionados ao crescimento econômico não são evidenciados, mesmo quando as abordagens econômicas são citadas. No entanto, de acordo com Sachs (2007, 2009) e o World Bank (2020, *online*), o crescimento econômico pode viabilizar ações e políticas para o progresso social e a preservação do meio ambiente.

As cidades compactas são defendidas por Kenworthy (2006), Jenks e Jones (2010), Leite e Awad (2012) e Handayanto *et al*. (2017) como formas urbanas sustentáveis para grandes adensamentos urbanos, porém esses autores ressaltam que é preciso a realização de mais estudos que tragam resultados conclusivos sobre a relação de cidades compactas e a sustentabilidade do local.

Observa-se o intrincamento das definições de cidades sustentáveis com outros conceitos relacionados às cidades, sobretudo de cidades inclusivas e resilientes, como que em resposta às demandas globais aos efeitos das mudanças climáticas e aos movimentos migratórios, que serão detalhados a frente nesta seção.

Em suma, conceituar uma cidade como sustentável, suscita a definição de outros termos, seja pela demanda social por novos olhares à cidade que se associam às cidades inclusivas e resilientes, ou pela incorporação da tecnologia nas relações da cidade, que norteiam as cidades inteligentes (*smart cities*), criativas e inovadoras.

As cidades inteligentes ganharam notoriedade mundial à medida que as tecnologias foram e são incorporadas nas relações de todas as formas na cidade e na gestão desta. Porém, apesar de vertentes de pesquisadores da academia, assim como segmentos do mercado ainda rotularem e estabelecerem *rankings* de cidades inteligentes (*smart cities*) em diversas esferas, há pesquisadores que consideram definir cidades inteligentes e sustentáveis (*sustainable smart cities*), pois não basta ser inteligente, tem que ser sustentável. Para fins desse estudo e de forma provocativa será utilizada a expressão em português: cidades inteligentes e; cidades inteligentes e sustentáveis, visto que a aderência as expressões *smart cities* e *sustainable smart cities* se encontram mais consolidadas na literatura.

Enquanto as definições de cidades sustentáveis se baseiam em uma visão holística, as definições de cidades inteligentes baseiam-se em uma visão tecnocêntrica, mas tem evoluído ao longo dos anos. A utilização da tecnologia da informação e comunicação (TIC) na gestão da cidade estendeu-se para diversos aplicativos da internet das coisas (*Internet of Things – IoT*), que são utilizados na prestação de serviços públicos e privados, como da governança, mobilidade, utilitários, edifícios e ambientes inteligentes. “As IoTs urbanas, de fato, são projetadas para apoiar a visão da Cidade Inteligente, que visa explorar as mais avançadas tecnologias de comunicação para apoiar serviços de valor agregado para a administração da cidade e para os cidadãos” (ZANELLA et al., 2014, tradução nossa).

Bibri e Krogstie (2017), Ferlin e Rezende (2019) justificam que o uso de *big data* (tratamento de volumes de dados) pelas cidades inteligentes tem a capacidade de melhorar o trânsito das cidades, a gestão da energia e de recursos, e a qualidade de vida. “O *Big Data* é a resposta para que governos consigam entender, classificar e utilizar positivamente os grandes conjuntos de informações geradas a partir da digitalização da vida social” (FERLIN; REZENDE, 2019).

O conceito de cidade inteligente foi introduzido para destacar a importância das tecnologias de informação e comunicação (TICs) como estratégia competitiva de uma cidade frente ao crescimento da população e urbanização. A qualidade da comunicação e do conhecimento passam a valer tanto quanto a infraestrutura física da cidade (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011; CHOURABI et al., 2012; BIBRI; KROGSTIE, 2017; SILVA; KHAN; HAN, 2018; FERLIN; REZENDE, 2019; MENDES, 2020). "As *Smart Cities*, em português cidades inteligentes, são cidades que utilizam TICs para melhorar o desempenho dos serviços públicos, reduzir custos e potencializar o contato entre cidadãos e governo" (FERLIN; REZENDE, 2019). "Uma cidade inteligente conecta a infraestrutura física, social e de negócios, através de tecnologias de informação e comunicação, para elevar a inteligência da cidade" (SILVA; KHAN; HAN, 2018).

Ahvenniemi *et al.* (2017), Bibri e Krogstie (2017), Silva, Khan e Han (2018), Ismagilova *et.al.* (2019), Mendes (2020) definem uma cidade inteligente como aquela que centra suas ações em sistemas de TIC a fim de fornecer serviços eficientes aos seus cidadãos, que refletirão em qualidade de vida e gestão sustentável dos recursos naturais.

Leite e Awad (2012), Chourabi *et al*., (2012), Bibri e Krogstie (2017), Silva, Khan e Han (2018), Bachendorf *et al*. (2019), Ismagilova *et al*. (2019), Bednarska-Olejniczak e Olejniczak; Svobodová (2019), Ferlin e Rezende (2019) e Mendes (2020) concluem que a utilização da tecnologia na gestão pública das cidades permite a gestão eficiente dos recursos e serviços, tomada de decisões ágeis amparadas em análise de dados, viabiliza a participação e controle social das políticas públicas, alinhadas aos princípios de governança.

Chourabi *et al*., (2012) estabelece uma estrutura de oito fatores para formatar uma cidade inteligente: (i) gestão, (ii) tecnologias em redes (iii) governança, (iv) políticas públicas ágeis, (v) participação de pessoas e comunidades, (vi) economia competitiva, (vii) infraestrutura de TIC, (viii) gestão de recursos naturais. Esses autores reconhecem que o viés das cidades inteligentes se concentra mais na área tecnológica e política, enquanto as pessoas, comunidades e meio ambiente carecem de iniciativas e ações práticas de inclusão às cidades inteligentes.

Entretanto, Ferlin e Rezende (2019) sintetizam e argumentam que as cidades inteligentes são formatadas sob três fatores: (i) tecnológicos, (ii) institucionais e (iii)

humanos e podem ser aplicados em seis dimensões: economia, mobilidade, ambiente, pessoas, modo de vida e governo

De acordo com Albino, Berardi e Dangelico (2015) a definição de uma cidade inteligente carrega o rótulo de ser digital, porém não se restringe somente ao uso de tecnologias avançadas, pois se ramifica em diversos setores, porém sem definições universais. Conforme esses autores, a governança tem papel central nas estruturas de cidades inteligentes e o capital humano passa a ser valorizado. Uma definição universal esbarra na realidade e objetivos próprios de cada cidade, que se autodenominam cidades inteligentes, o que reforça a falta de universalidade do conceito de cidades inteligentes. Quebec, San Francisco, Amsterdã, Berlin, Barcelona, Shanghai, Masdar, Singapura são consideradas megacidades inteligentes, que tem em comum o uso de tecnologias avançadas, mas divergem entre si nas suas estruturas de desenvolvimento e objetivos de cidades inteligentes. Silva; Khan; Han (2018) e Mendes (2020) seguem nesta linha argumentando que uma cidade inteligente pode priorizar atuar em áreas voltadas à mobilidade, energia, saúde, serviços ao cidadão, mas pode selecionar outras áreas como gerenciamento de resíduos e risco a desastres, conforme as peculiaridades e objetivos de cada cidade.

Sob outra perspectiva, Lytras e Visvizi (2018) contrapõem o argumento de que tudo é tecnicamente possível, pois de acordo com suas pesquisas, usuários capacitados a utilizarem a tecnologia das cidades inteligentes mostram-se receosos em utilizá-la, por dúvidas em relação a real utilidade, segurança e eficiência delas. Esses autores, porém, veem esse segmento da população como oportunidades a serem exploradas para melhorias dos sistemas das TICs, tornando-as mais inclusivas, dialoguem com as ciências humanas, ciências sociais e estejam voltadas ao desenvolvimento sustentável das cidades. Ahvenniemi *et al.* (2017) acrescentam que há a necessidade premente de avaliar os impactos ambientais das tecnologias de informação e comunicação, ignorados até então.

Mendes (2020) atenta para o fato de que o uso incondicional da tecnologia para sanar problemas urbanos pode diminuir ou aumentar as desigualdades sociais, dependendo de como as TICs são implantadas e utilizadas. A autora destaca que as tecnologias devem ser dotadas de flexibilidade que incorpore a diversidade dos centros urbanos para o benefício de todos, de suas pessoas e comunidades.

Bednarska-Olejniczak, Olejniczak e Svobodová (2019) Silva, Khan e Han (2018), Ismagilova et al. (2019) e Mendes (2020) ponderam que os estudos mais recentes sobre cidades inteligentes, incluem além dos aspectos tecnológicos, uma visão holística da cidade, que consideram os cidadãos, a qualidade de vida e a sustentabilidade.

Contudo, apesar de se observar que os conceitos de cidades inteligentes foram incorporando questões do bem-estar e meio ambiente, é por diversas vezes utilizado como *branding* (marca) para a cidade apenas pelo aspecto tecnológico (AHVENNIEMI et.al., 2017; MENDES, 2020).

São Paulo, Florianópolis, Curitiba e Campinas estão listadas como as cidades brasileiras mais inteligentes de 2020, segundo o *Ranking Connected Smart Cities* (2020, *online*). No ranking mundial Smart City Index 2020, São Paulo está listada na 100ª posição e o Rio de Janeio em 102ª. Esses exemplos levam à reflexão do quanto essas cidades aplicam o uso da tecnologia em benefício do bem-estar da população e do meio ambiente. São Paulo com seu trânsito caótico, rios poluídos e sistemas de escoamento e drenagem de águas de chuva insuficientes ou ineficientes é um dos muitos exemplos que leva uma vertente de pesquisadores a afirmar que não basta ser inteligente, tem que ser sustentável.

Dessa forma, amplia-se o rol de pesquisadores e planejadores urbanos que reivindicam a inclusão das pessoas ao núcleo do desenvolvimento inteligente. A justificativa é que o foco central das cidades inteligentes é ter sistemas avançados de informação e comunicação, no qual as pessoas e o meio ambiente são secundários. Autores e planejadores urbanos dessa vertente propõem a junção das definições para cidades inteligentes e sustentáveis (*smart sustainable cities*).

A formatação da tecnologia que suporta as cidades inteligentes é efetuada por pessoas e à elas que devem retornar em qualidade de vida num ambiente saudável. Uma cidade sustentável também é uma cidade inteligente. As cidades de Barcelona, Montreal e São Francisco, tem obtido sucesso na regeneração urbana de seu território para um caminho sustentável, com o apoio de tecnologias avançadas. A inteligência auxilia os cidadãos a tomar decisões sobre a cidade que habita, no controle social das políticas públicas, na relação de uso dos recursos naturais e no bem-estar. Cidades construídas do zero como Masdar (Emirados Árabes) não há a construção social inicial da cidade, o que suscita ainda muitas dúvidas sobre sua sustentabilidade (LEITE; AWAD, 2012).

As gestões das cidades inteligentes têm o foco central na utilização de tecnologias avançadas para coletar e analisar indicadores sociais e da economia afim de orientar a tomada de decisão, porém são poucos ou inexistem indicadores ambientais. De outra parte, as cidades sustentáveis mantem a conotação da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente (AHVENNIEMI et al., 2017). A junção das premissas de cidades inteligentes e de cidade sustentáveis significa convergir dois pontos de vértice para o objetivo comum às cidades.

A United Nations por meio da plataforma global United for Smart Sustainable Cities (U4SSC), constituída com o objetivo de incentivar políticas públicas e o uso de TICs direcionadas ao ODS 11 define as cidades inteligentes e sustentáveis como:

> Uma cidade sustentável e inteligente é uma cidade inovadora que utiliza tecnologias da informação e comunicação (TICs) e outros meios para melhorar a qualidade de vida, a eficiência das operações e serviços urbanos e a competitividade, garantindo ao mesmo tempo que atende às necessidades das gerações presentes e futuras com respeito aos aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais (UNITED 4 SMART SUSTAINABLE CITIES, 2020, tradução nossa, *online*).

A Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) refere-se à sustentabilidade e a inclusão das cidades inteligentes:

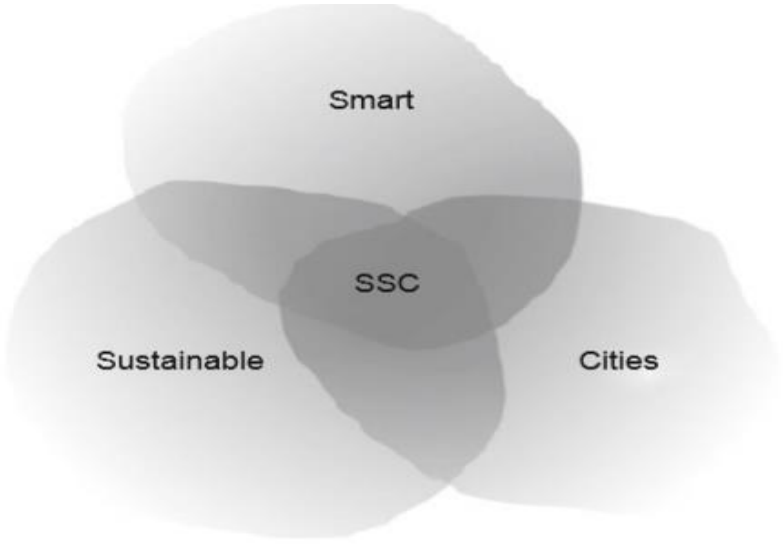
> Cidades inteligentes são definidas como iniciativas ou abordagens que efetivamente alavancam a digitalização para aumentar o bem-estar dos cidadãos e fornecer serviços e ambientes urbanos mais eficientes, sustentáveis e inclusivos, como parte de um processo colaborativo de várias partes interessadas (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2019, p.3).

Höjer e Wangel (2015) e Al-Nasrawi, Adams e El-Zaart (2015) expõem que a combinação das duas definições não é uma tarefa simples nem na teoria, nem na prática. Primeiro, há uma diversidade de definições de cidades sustentáveis e maior ainda quando se trata de definições de cidades inteligentes. Segundo, é preciso compreender os conceitos, a função do conceito combinado e sua valia na aplicabilidade no ambiente das cidades. É certo que cidades sustentáveis podem ter ou não o uso das TICs, como também é certo que cidades inteligentes utilizam as TICs para atuarem em diversas áreas, que podem estar voltadas ou não à sustentabilidade, como mobilidade, moradia, governança, economia e meio ambiente. Terceiro ponto, é inegável o avanço das tecnologias e o quanto as TICs e *IoTs* facilitam o cotidiano dos gestores públicos e dos cidadãos, assim como é inegável termos atitudes para frear e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, epidemias e

guerras, que acirram ainda mais as desigualdades sociais. De acordo com Höjer e Wangel (2015) sustentabilidade e tecnologias avançadas podem criar uma gama de produtos e serviços em prol do desenvolvimento holístico dos centros urbanos. Para tal é necessário que as redes de atores presentes nas cidades atuem proativamente na busca de melhores soluções para a cidades. É preciso um novo olhar das indústrias de TI e de inovações políticas, que tracem estratégias e invistam em infraestrutura básica como saneamento, energias limpas e mobilidade. Segundo esses autores, os produtos e serviços podem ser oferecidos pelas grandes empresas de TI, mas a criatividade e inovação local deve ser incentivada. Os gestores públicos devem ser capacitados para a utilização de TICs e as instituições devem atuar dentro dos princípios de governança. “É somente quando todos os três aspectos são combinados (cidades, tecnologia, sustentabilidade), quando as tecnologias inteligentes (TIC) são usadas para tornar as cidades mais sustentáveis, que podemos falar de Cidades Inteligentes e Sustentáveis” (HÖJER; WANGEL, 2015, p. 346, tradução nossa).

A Figura 6 demonstra a zona comum de atuação entre as cidades (c*ities*), tecnologia (*smart*) e sustentabilidade (*sustainable*) para formar cidades inteligentes sustentáveis (SSC).

Figura 6 - Cidades inteligentes e sustentáveis



Fonte: Höjer e Wangel (2015, p. 343)

A fim de avaliar as cidades inteligentes e cidades inteligentes e sustentáveis são aplicados diversos modelos de sistemas de avaliação, que se diferenciam nas áreas e indicadores utilizados. A European Smart Cities estabelece o *ranking* das cidades inteligentes através da mensuração de 90 indicadores distribuídos em seis áreas: economia, mobilidade, meio ambiente, pessoas, vida inteligente e governança. (EUROPEAN SMART CITIES, 2020, *online*). A Connected Smart Cities da Urban Systems avalia as cidades inteligentes do Brasil e utiliza 70 indicadores em 11 setores: mobilidade e acessibilidade, meio ambiente, urbanismo, tecnologia e inovação, saúde, segurança e educação, empreendedorismo, energia, governança e economia (CONNECTED SMART CITIES, 2020, *online*). A United for Smart Sustainable Cities (U4SSC) avaliam cidades inteligentes e sustentáveis com base em 54 indicadores relacionados à economia, meio ambiente, sociedade e cultura, cujo objetivo é analisar as contribuições das tecnologias para o alcance dos ODS, tornando as cidades inteligentes e sustentáveis ((UNITED 4 SMART SUSTAINABLE CITIES, 2020, *online*).

Ahvenniemi et al. (2017) criticam os sistemas de avaliação de cidades inteligentes e de cidades sustentáveis e; defendem a integração da conceitualização para cidades inteligentes e sustentáveis, assim como dos indicadores utilizados para a avaliação de desempenho das cidades. Os autores justificam que embora o desenvolvimento sustentável seja um dos objetivos das cidades inteligentes, a redução dos gases de efeito estufa e a real necessidade do uso de energias limpas seja um desafio global, os indicadores ambientais são sub-representados na avaliação de cidades inteligentes, quando em comparação à avaliação de cidades sustentáveis. Em contrapartida, a avaliação de cidades inteligentes possui mais indicadores econômicos e sociais em comparação às de cidades sustentáveis. A avaliação de desempenho de cidades deve mensurar a eficiência das TICs implantadas, mas que contribuam para o desenvolvimento social, econômico e ambiental. Para Al-Nasrawi, Adams e El-Zaart (2015) a avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis abrange seis dimensões: pessoas, economia, meio ambiente, governança, mobilidade e qualidade de vida.

Al-Nasrawi, Adams e El-Zaart (2015). Bibri e Krogstie (2017) e Bibri (2018) concluem que as cidades inteligentes e sustentáveis dependerão cada vez mais das tecnologias oferecidas por meio de TICs e Big Data, pois as sociedades informatizadas e integradas demandarão aos gestores públicos por respostas cada vez mais imediatas e assertivas frentes aos desafios que surgem, sejam de ordem

ambiental, social ou econômica. De acordo com Bachendorf et al. (2019, p. 32), “as práticas relacionadas às cidades inteligentes e sustentáveis surgem como uma alternativa para a gestão e políticas públicas, com foco na melhoria da qualidade de vida das pessoas.”

Bednarska-Olejniczak, Olejniczak e Svobodová (2019), Silva, Khan e Han (2018) e Bibri (2018) detalham que nas cidades inteligentes e sustentáveis, as pessoas e comunidades participam ativamente do processo de políticas públicas: no diagnóstico dos problemas da sociedade, estabelecem prioridades, participam na formatação da legislação e exercem o controle social aliadas as TICs, Big Data, e *IoTs*. O Quadro 3 e o Quadro 4 apresentam a síntese das argumentações expostas pelos autores citados.

Quadro 3 - Cidades inteligentes: abordagens

Autores - Órgãos	**Cidades Inteligentes - Abordagens**
Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011), Leite e Awad (2012), Zanella *et al*. (2014) Silva, Khan e Han (2018) Ferlin e Rezende (2019) Ismagilova *et al*. (2019) United Nations/ U4SSC (2020)	**TICs, IOTs e Big Data** Destacam a importância da utilização das tecnologias avançadas nas cidades para a prestação de serviços e gestão urbana eficiente.
Leite e Awad (2012) Bibri (2018)	**Participação social** O uso da tecnologia na gestão pública das cidades viabiliza a participação e controle social das políticas públicas.
Chourabi *et al*. (2012) Albino, Berardi e Dangelico (2015) Silva, Khan e Han (2018) Lytras e Visvizi (2018) Mendes (2020)	**Contrapontos às cidades inteligentes** Reconhecem o viés mais tecnológico e político das cidades inteligentes e a carência de iniciativas que incorporem pessoas, comunidades e o meio ambiente. Não há definições universais de cidades inteligentes, pois cada cidade tem a sua realidade. As áreas de aplicação das TICs variam de acordo com as características e objetivos das cidades. As melhorias dos sistemas das TICs requerem torná-las mais inclusivas, dialoguem com as ciências humanas, ciências sociais e estejam voltadas ao desenvolvimento sustentável das cidades. O uso incondicional da tecnologia para sanar problemas urbanos pode diminuir ou aumentar as desigualdades sociais, dependendo de como as TICs são implantadas e utilizadas.
Chourabi *et al*. (2012) Albino, Berardi e Dangelico (2015) Ismagilova *et al*. (2019) OECD (2019)	**Cidades inteligentes com viés da sustentabilidade** Inclui tecnologia, gerenciamento e política, economia, governança, pessoas e comunidades, ambiente natural, infraestrutura. O uso de tecnologias avançadas se ramifica em diversos setores da cidade. Incluem qualidade de vida e gestão sustentável dos recursos naturais. Refere-se às cidades inteligentes, sustentáveis e inclusivos.

Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 4 - Cidades inteligentes e sustentáveis: abordagens

Autores - Órgãos	**Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Abordagens**
Höjer e Wangel (2015) Bachendorf et al. (2019)	As cidades inteligentes e sustentáveis são formadas quando: ▪ três aspectos são combinados: cidades, tecnologia e sustentabilidade. ▪ as tecnologias inteligentes (TIC) são usadas para tornar as cidades mais sustentáveis.
Al-Nasrawi, Adams e El-Zaart (2015) Bachendorf et al. (2019)	A avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis abrange seis dimensões: pessoas, economia, meio ambiente, governança, mobilidade e qualidade de vida.
Ahvenniemi et al. (2017)	A avaliação de desempenho de cidades deve mensurar a eficiência das TICs implantadas e que contribuam para o desenvolvimento social, econômico e ambiental das cidades. Integração dos sistemas de indicadores de cidades inteligentes e de cidades sustentáveis para avaliação de cidades.
Bibri e Krogstie (2017) Bibri (2018) Bednarska-Olejniczak, Olejniczak e Svobodová (2019)	Cidades inteligentes e sustentáveis dependem do tratamento de dados por Big Data e da utilização das TICs. Formas urbanas compactas possuem diversidade de todas as formas que pode promover a inovação e práticas inteligentes e sustentáveis. A participação social no processo de políticas públicas é uma das características de cidades inteligentes e sustentáveis.
Bednarska-Olejniczak, Olejniczak e Svobodová (2019), Bachendorf et al. (2019)	Visão holística da aplicação das TICs nos centros urbanos.
Bachendorf et al. (2019), United Nations - United for Smart Sustainable Cities - U4SSC (2020)	As cidades inteligentes e sustentáveis utilizam TICs para melhorar a qualidade de vida, a eficiência dos serviços urbanos e a competitividade, garantindo às necessidades das gerações presentes e futuras com respeito aos aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais.

Fonte: Autoria própria (2023)

No Quadro 3, apesar de pesquisadores afirmarem que não há uma definição universal de cidades inteligentes, percebe-se que pesquisadores e instituições associam a utilização de TICs, Big Data e *IoTs* para melhorar a prestação de serviços e a gestão urbana, tornando-se o núcleo central das cidades inteligentes. A tecnologia auxilia a prestação de serviços públicos e a participação social no processo de políticas públicas, porém cabe examinar se este recurso está alcançando todas as pessoas e comunidades.

Percebe-se que o conceito de cidade inteligente está evoluindo e adicionando dimensões da sustentabilidade, o que leva uma linha de pesquisadores e instituições

a defenderem a integração do conceito às cidades sustentáveis, considerando assim cidades inteligentes e sustentáveis.

No Quadro 4, verifica-se que pesquisadores e instituições incorporam o uso da tecnologia avançada no desenvolvimento sustentável das cidades, considerando que a tecnologia continuará a ser aplicada em áreas não diretamente vinculadas à sustentabilidade e que haverá práticas sustentáveis que não precisarão de tecnologias de TICs, Big Data e *IoTs*.

Em síntese, em um vértice é inegável que o avanço das tecnologias da informação e comunicação, o tratamento de dados via Big Data e as *IoTs* tem facilitado e agilizado a gestão pública das cidades e os serviços prestados ao cidadão. Porém, a digitalização da vida da sociedade é cercada de dúvidas ainda não respondidas quanto à sua real utilidade, segurança e eficiência, assim como de seus impactos ao meio ambiente e social. Sob outro vértice é inegável a urgência em práticas e políticas sustentáveis ao desenvolvimento das cidades, que sofrem com eventos ambientais extremos, guerras, instabilidades políticas e epidemias, acirrando as migrações descontroladas e desigualdades sociais às cidades, sobrecarregando as estruturas dos centros urbanos.

O desafio posto é unir esses dois vértices para trabalhos conjuntos em benefício do desenvolvimento sustentável das cidades. Neste contexto, cabe destacar a valia de sistemas holísticos de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis, visto que o território e a territorialidade de uma cidade não se resumem a uma visão tecnocêntrica, e sim envolve avaliar organismos vivos e em constante transformação.

Entretanto, será que poderá haver um modelo de avaliação justo o suficiente, capaz de captar a territorialidade e os objetivos de sustentabilidade de cada cidade e; que possa incorporar a inovação e a criatividade local, relacionando-se em igualdade com o mundo globalizado e digitalizado?

Se as formas de implantar cidades inteligentes são diversas dado as peculiaridades de cada território, o que pode ser considerado por muitos um limitador, pode ser considerado por outros fator que promove ideias criativas e inovadoras. As cidades criativas, sob a perspectiva normativa e ideológica estão ligadas à aspectos da economia, na qual a competitividade está centrada na competência da atração e mobilização de recursos criativos. Nessas cidades, o capital criativo passa a ter influência na formatação de estratégias e de políticas públicas urbanas. A economia

criativa abriga profissionais altamente capacitados e pluriculturais, que atuam com maior presença na indústria da moda, design, filmes, jogos, softwares, microeletrônica e biotecnologia (XIONG et al., 2017; HATUKA et al. 2018; RODRIGUES; FRANCO, 2018; MENDES, 2020).

Segundo De Jesus (2017, p. 57), as cidades criativas referem-se à "[...] espaços urbanos onde a articulação entre atividades sociais e artísticas, indústrias criativas e governo foi capaz de produzir uma efervescência cultural que atrai talentos, promove diversidade social e aumenta o potencial criativo de empresas e instituições". A cidade criativa é vista como uma "[...] entidade econômica que compete com outras cidades por indústrias criativas e capital econômico" (HATUKA et al., 2018, p. 163, tradução nossa).

Os centros urbanos formam ambientes adequados às cidades criativas e inovadoras dado sua aglomeração e diversidade de pessoas, comunidades, serviços e indústrias, assim como do questionamento de ideias, que podem levar à melhoria de projetos (SCOTT, 2006; DE JESUS, 2017; XIONG et al., 2017).

A economia criativa normalmente instala-se, com o apoio de planejadores urbanos, nos centros das cidades e em distritos pós-industriais para a revitalização da área, bem como em regiões com rede de empresas especializadas e que se complementam no processo produtivo (XIONG et al., 2017; HATUKA et al., 2018).

A economia criativa impulsiona o crescimento econômico e pode ser o meio de viabilizar melhor qualidade de vida, pois além de gerar renda, atraem investimentos em diversos setores e força de trabalho qualificada. Os impulsionadores da economia criativa podem advir de diversos atores que atuam no ambiente das cidades, seja da área pública, privada ou da sociedade civil. Contudo, como as cidades criativas têm seu foco na economia é necessário projetos paralelos que envolvam todas as pessoas e setores, mitigando as desigualdades instaladas pelo foco em determinados processos de produção (SCOTT, 2006; XIONG et al., 2017; DE JESUS, 2017; HATUKA et al. 2018).

O desenvolvimento de economias e cidades criativas possibilita a conexão dessas com outras partes do mundo, atraindo talentos criativos e incorporando-se em redes de apoio e parcerias. Nessas cidades as habilidades individuais são unidas em redes temporárias de objetivos em comum entre empresas e mercados. Essa troca constante de ideias e experiências favorece a criatividade e, portanto, o afloramento

de ideias inovadoras. (SCOTT, 2006; DE JESUS, 2017; RODRIGUES; FRANCO, 2018).

A internacionalização da cidade permite a divulgação e negociação dos trabalhos locais em mercados globais e; a realização de acordos de parcerias de investimentos e de cooperação técnica. (SCOTT, 2006; DE JESUS, 2017). Entretanto, ocasionalmente, as tradições e habilidades específicas ao local se transmite em produtos com uma áurea de exclusividade, difícil de ser reproduzido em outro local, como é o caso da moda parisiense, mas que acrescenta valor agregado aos produtos (SCOTT, 2006).

Setores da economia bem segmentados e atuantes, administrações municipais com certa autonomia, redes de relacionamento amistosos e diplomacia nas negociações internacionais favorecem a formatação de cidades criativas, que se fundamentam na cidade física já existente, na capacitação do trabalho e no corpo intelectual formal e informal (DE JESUS, 2017).

O conceito de economia e cidade criativa foi e é aplicado em diversas cidades como Austin no Texas (EUA) e Toronto em Ontário (Canadá), mas é duramente criticado por aumentar a desigualdade social e econômica, promover o elitismo social, criar espaços públicos excludentes e a gentrificação. A classe criativa obtém benefícios diferenciados e desloca a classe média e baixa (HATUKA et al. 2018). Nesse contexto, as cidades dos países em desenvolvimento são ainda mais afetadas, pois demonstram ter poucas ações conjuntas entre setores público, privado e sociedade civil em prol de objetivos comuns, bem como na identificação e priorização das necessidades sociais e setoriais (DE JESUS, 2017).

Por outro lado, Rodrigues e Franco (2018, p. 1-2, tradução nossa) argumentam que “cidades criativas são aquelas que defendem mudanças socioculturais, econômicas e políticas e são caracterizadas pela diversidade, tolerância à abertura, existência de uma classe criativa e alto dinamismo cultural.” Segundo esses autores, as cidades criativas surgem de ações da sociedade e do setor privado, apoiados por políticas públicas estruturantes. Em uma associação entre cultura, economia e criatividade, a cidade criativa oferece soluções inovadoras aos problemas da sociedade, melhoram o desempenho da produtividade, garantem que as tradições e culturas sejam preservadas e atuam na revitalização de cidades, permitindo o crescimento econômico sustentável. Esses autores relatam que Silicon Valley, Bavaria Valley (Baviera), Silicon Glen (Escócia), Silicon Saxony (Dresden),

Barcelona, São Francisco, Glasgow, Roterdã e Amsterdã são citados como exemplos de sucesso de cidades criativas e abrigam *clusters* em seus centros urbanos.

Os *clusters* que são constituídos em diversas áreas geográficas da cidade são embriões da regeneração urbana, que ocorre ao seu redor. As cidades de Londres, Berlin e Barcelona possuem *clusters* bem estruturados e sucesso na regeneração urbana do seu entorno (RODRIGUES; FRANCO, 2018). *Clusters* são definidos como concentrações geográficas de várias organizações como indústrias, órgãos governamentais, instituições de ensino e de investimento, que interagem de forma cooperada, com ênfase na competitividade e no desenvolvimento econômico (SÖLVELL; et al. [PORTER], 2003; MARTINS; SILVA, 2015).

Johnson (2008) observa que a literatura apresenta sobreposições entre os conceitos e práticas de cidades criativas e sistemas de inovação com base nos territórios. As cidades criativas buscam a solução de problemas através da interação de pessoas e comunidades com habilidades diversas voltadas principalmente para a dimensão econômica, enquanto os sistemas de inovação também buscam o crescimento econômico, porém a complexidade urbana requer que se voltem para o desenvolvimento sustentável das cidades. A sustentabilidade urbana se formata para além do crescimento econômico, ou seja, dimensões sociais, ambientais, culturais, institucionais, políticas, organizacionais são consideradas para dar conta em fornecer serviços urbanos de qualidade em ambientes saudáveis ao cidadão. Transporte seguro e acessível, sistemas de saúde, energia e saneamento básico eficientes, espaços verdes, gestão dos resíduos requer inovação técnica, organizacional, política e institucional, assim como efetivo capital social. Esse autor pondera que as premissas das cidades criativas continuarão a ser aplicadas, mesmo com a informação, comunicação, interações e negociações serem cada vez mais móveis, pois sempre haverá pessoas e grupos reunidos fisicamente para a solução dos problemas urbanos, porém os princípios da cidade criativa não resolvem por si só as complexas questões urbanas. Na mesma linha, cidades inovadoras trazem importantes contribuições socioeconômicas, porém há de se relacionar com os problemas sociais e ambientais de cidades em constante crescimento e transformação.

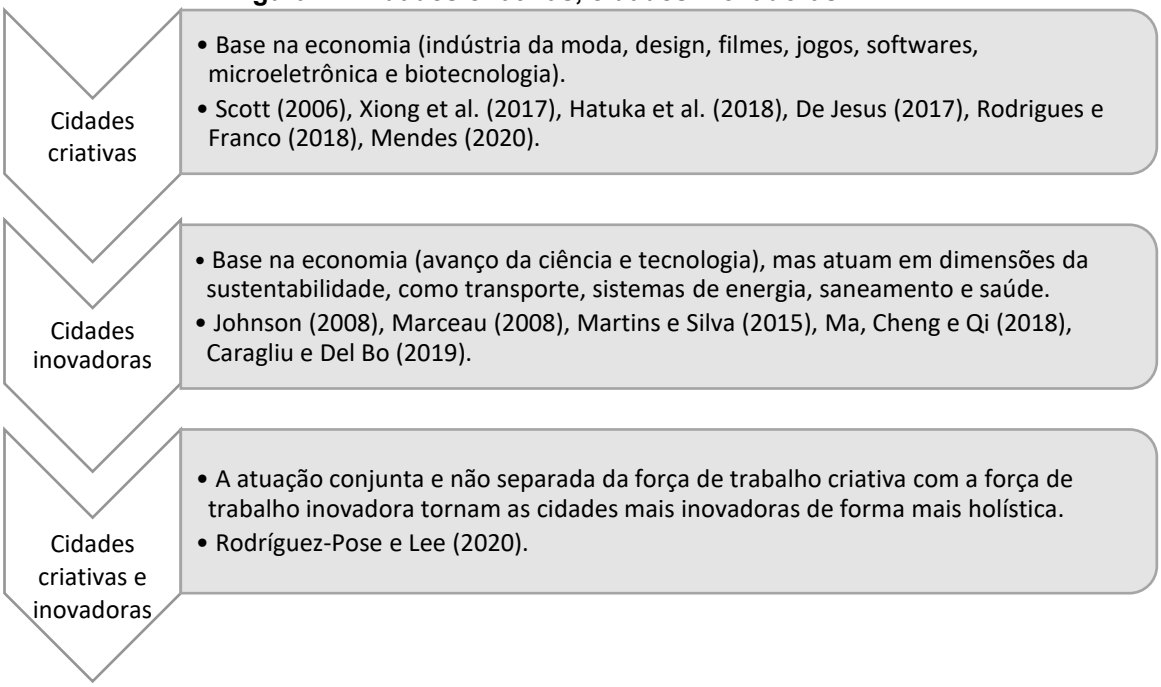
Entretanto, as cidades têm a capacidade de inovar e apresentar soluções nas mais variadas dimensões que possam se pensar da vida urbana, mas há a necessidade de vontade política e social em tomar decisões ajustadas à sustentabilidade (MARCEAU, 2008). Cidades inovadoras necessitam da atuação de

governos, enquanto formuladores e executores de políticas públicas sustentáveis, da ação dos agentes de inovação do mercado e da interação compatibilizada entre ambos. Uma cidade inovadora tem como fundamento a cultura de inovação, a orientação da inovação independente e a motivação advinda do avanço da ciência e tecnologia (MA; CHENG; QI, 2018). Esses autores, que realizaram estudos sobre cidades inovadoras na China, alertam que a transição da cidade para o patamar de inovadora está sujeita aos recursos disponíveis e a fase de desenvolvimento em que se encontra, necessitando de ajustes de todas as formas durante o processo, tanto de mercado quanto de governo. Modelos de cidades inovadoras contemplam complexos industriais de eco-indústria e eco-serviço, planejamento da urbanização da terra, integração da área urbana e rural, educação ecológica, reforma e governança institucional.

Caragliu e Del Bo (2019) acrescentam que cidades inovadoras buscam se envolver e aplicar políticas e princípios das cidades inteligentes (*smart cities*) e, em contrapartida, a cidades apresentam maior avanço em inovações da ciência e tecnologia. A análise de dados de 309 cidades inteligentes da Europa, entre 2008 e 2013, mostrou que a aderência às políticas de cidades inteligentes, como o uso de TICs e Big Data, promovem a inovação e aumento de registro de patentes, principalmente da alta tecnologia.

Mas afinal, o que é mais promissor às cidades: estimular a criatividade pela arte e *design* ou a inovação pela ciência e tecnologia? Qual das vertentes tornará a cidade mais sustentável? Rodríguez-Pose e Lee (2020) concluem que a atuação combinada das duas vertentes, criatividade e atividade científica, tornam as cidades mais inovadoras. Esses autores expõem que um estudo estatístico em 290 áreas metropolitanas dos Estados Unidos entre 2005 e 2015 relacionado à inovação demonstrou que uma força de trabalho composta por *geeks (nerds)* influenciam positivamente o avanço da inovação em ciência e tecnologia da cidade e num primeiro olhar são determinantes ao progresso das cidades. Porém, quando há a combinação da força de trabalho dos *hipster* (descolados), que impulsionam a indústria de artes e *design* com os *geeks,* as duas vertentes combinadas em vez de atuações separadas, elevam as referidas cidades como as mais inovadoras na avaliação. A Figura 7 apresenta o resumo das vertentes de pensamentos sobre cidades criativas e cidades inovadoras.

Figura 7 - Cidades criativas, cidades inovadoras



Fonte: Autoria própria (2023)

Percebe-se, pelo apresentado, que as premissas das cidades criativas e das cidades inovadoras estão baseadas na economia. As cidades inovadoras abrangem também áreas relacionadas à sustentabilidade. A atuação combinada da força de trabalho criativa e inovadora tornam as cidades ainda mais inovadoras. Todavia, nem as cidades criativas, nem as cidades inovadoras dão conta, por si só, de promover a inclusão social e proporcionar cenários de maior igualdade socioeconômico.

O crescimento acelerado e desorganizado dos centros urbanos, os desastres ambientais, guerras, disputas políticas e epidemias tem acirrado ainda mais o quadro de desigualdade e exclusão social das cidades, sem que se vislumbre cenários globais mais otimistas, mesmo com o avanço de tecnologias de TICs, Big Data e *IOTs* que auxiliam a gestão púbica urbana.

A United Nations (2020, *online*) destaca a questão da inclusão nas cidades e da igualdade nos ODS pelo Objetivo 11 – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis e; pelo Objetivo 10 – Redução das desigualdades. No ODS 11, as metas desse objetivo se relacionam a inclusão à temas como a habitação, transporte, urbanização, espaços verdes, atenção aos vulneráveis em casos de catástrofes, integração da área urbana e rural; enquanto o ODS 10 – Redução das desigualdades, dentro dos países e entre eles, vislumbra ações globais e locais para o aumento da renda dos mais pobres, políticas públicas

voltadas à inclusão social, práticas discriminatórias de todas as formas, políticas fiscais que auxiliem a igualdade social, medidas que facilitem e legalizem a migração ordenada. Os ODS 10 e 11 se inter-relacionam e são interdependentes com os demais ODS, que tratam de assuntos correlatos como saúde, educação, fome, pobreza e meio ambiente.

A UN-Habitat III (2020, tradução nossa, *online*) define cidades inclusivas como "[...] aquela que busca solucionar não apenas a igualdade econômica, mas também a igualdade social, política e cultural em todos os segmentos da cidade" e respeita as características de cada cidade. A organização entende que apesar de os grandes centros urbanos apresentarem em vários casos os maiores índices de desigualdade, é nelas que se encontram oportunidades de inclusão social e redução da desigualdade social. De acordo com este órgão, a urbanização planejada e atenta à diversidade local pode oportunizar cidades mais inclusivas, desde que haja políticas públicas e instituições voltadas ao desenvolvimento inclusivo. Para tal, são determinantes: (i) a participação social na formatação de políticas públicas; (ii) acesso a todos aos serviços básicos urbanos como habitação, saúde, água e saneamento, educação, segurança de renda básica aos mais pobres; (iii) planejamento espacial da cidade; (iv) prestação de contas; (v) atuação sinérgica entre os governos nacionais e locais.

O World Bank (2020, *online*) segue os princípios da United Nations para cidades inclusivas no desenvolvimento de seus projetos de investimento junto aos governos nacionais e locais com base em dois objetivos centrais: (i) cessar com a pobreza extrema e; (ii) promover a prosperidade compartilhada. A instituição considera que para estruturar cidades inclusivas são necessários atuar em múltiplos fatores abarcados em três dimensões: (i) espaciais, acesso a moradia e serviços básicos; (ii) sociais, direitos e participações iguais e; (iii) econômicos, oportunidades de geração de renda para todos. A urbanização planejada sob essas três dimensões tem potencial para alavancar a melhoria da qualidade de vida e o crescimento econômico. De acordo com o World Bank, um em cada três moradores dos centros urbanos vivem em condições análogas às favelas e assentamentos. O maior crescimento populacional deve ocorrer na Ásia e África, que abriga países com pobreza extrema. Desse modo, estruturar cidades inclusivas continua sendo um desafio às cidades de hoje e do futuro, sendo de grande valia o uso de tecnologias avançadas para o crescimento econômico sustentável (WORLD BANK, 2015, *online*).

A Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), alinhada aos princípios da inclusão e da igualdade, tem entre seus objetivos centrais promover o crescimento econômico inclusivo. “A missão da iniciativa de crescimento inclusivo da OECD é ajudar os governos a reduzir as desigualdades e capacitar seus cidadãos a viver uma vida feliz, saudável e significativa” (OECD, 2020, tradução nossa, *online*). A OECD procura atuar com o crescimento inclusivo nas cidades, pois é onde a maioria das pessoas moram e carecem de soluções às crescentes desigualdades.

Segundo Ramos (2017), é preciso repensar o modelo de crescimento econômico que está aumentando as desigualdades e impactando o meio ambiente, colocando as pessoas no centro das discussões. A desigualdade está presente na renda, em oportunidades, na educação e em resultados. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020, *online*), no Brasil, “um décimo da população concentra 43,1% da massa de rendimento médio mensal real domiciliar per capita” e o índice Gini que mede a desigualdade econômica foi de 0,509 em 2018, com tendência de alta à época. Porém, o índice Gini é ainda distante de países como Canadá (0,310) ou Austrália (0,325) (OECD, 2020, *online*).

A Comissão Econômica para a América Latina (CEPAL, 2020) expõe que a pandemia do COVID-19 demonstra o risco do modelo econômico dominante de internacionalização e dependência de insumos importados, quando os principais fornecedores impõem restrições ao seu fornecimento, que afetam as atividades dos países dependentes até mesmo no combate à doença, agravando ainda mais os problemas econômicos e sociais desses países.

Nesse contexto, o Estado tem o papel fundamental em formular políticas que ajustem a estrutura do país, possibilitando o progresso das pessoas, empresas e regiões com atenção especial aos mais necessitados (RAMOS, 2017). O Estado é o responsável em assegurar os direitos para uma sociedade inclusiva, porém cabe à sociedade civil atuar em ação complementar, adequando a visão dos governos nacionais à realidade e interesse local. A inovação social local viabiliza políticas públicas mais assertivas à inclusão e à equidade social entre os diferentes grupos sociais de uma cidade ou região (GEROMETTA; HAUSSERMANN; LONGO, 2005; KAIKA, 2017). As empresas privadas, além das organizações não governamentais (ONG) detém a responsabilidade social de prover a inclusão e a igualdade social na relação com seus colaboradores, no ambiente que está inserida e em suas

negociações com o mercado (TORRES, 2017). O acesso à serviços sociais públicos de saúde, educação, moradia e transporte são elementos chave para promover a igualdade social e econômica como estratégia da igualdade para o meio urbano. Entretanto, a soma dos gastos públicos aportados nessas áreas e como são distribuídos apresentam formas diversas entre os países e ao longo do tempo (LE GRAND, 2018).

Segundo António Guterres, Secretário Geral das Nações Unidas (2020), a pandemia do COVID – 19 é um angustiante teste aos líderes e à sociedade na promessa global de não deixar ninguém para trás. Os cenários dos países atingidos demonstram que os mais pobres e vulneráveis são os mais atingidos. O acesso aos sistemas de saúde não é acessível a todos e quando os são, se mostram incapazes de fornecer atendimento de qualidade a todos, mesmo em países desenvolvidos. As crianças de famílias de baixa renda são diretamente atingidos pela interrupção de programas de fornecimento de merenda escolar e de vacinação, bem como muitas estão excluídas dos programas de ensino à distância (EAD), seja pela falta de acesso à internet da escola ou da família (UNITED NATIONS, 2020, online).

Feitosa, Le e Vlek (2011) acrescentam que o contexto cultural e social da cidade define suas segregações urbanas e são barreiras relevantes para a inclusão social. Dessa forma, as políticas públicas de inclusão e equidade devem considerar e atuar nas segregações urbanas existentes na conjuntura da cidade. Para tal, Chelleri et al. (2015), Haase et al. (2017) enfatizam a relevância do empoderamento e participação de representantes de diferentes tipos e classes sociais, sobretudo dos mais vulneráveis, no processo de elaboração das políticas públicas urbanas para cidades inclusivas.

O Quadro 5 esquematiza as duas concepções centrais de organizações e pesquisadores sobre a inclusão e igualdade social nas cidades da atualidade.

Quadro 5 – Cidades: inclusão e equidade social

Cidades - Inclusão e Equidade Social	**Ação do Estado e da Sociedade:** United Nations (2020), OECD (2020), Le Grand (2018), Kaika (2017), Ramos (2017), World Bank (2015), Feitosa, Le e Vlek (2011), Gerometta, Haussermann e Longo (2005).
	Participação Social nas Políticas Públicas: United Nations (2020), OECD (2020), Kaika (2017), Haase et.al. (2017), World Bank (2015), Chelleri et al. (2015), Gerometta, Haussermann e Longo (2005).

Fonte: Autoria própria (2023)

Constata-se que a inclusão e a igualdade social são estruturadas a partir da ação fundamental do Estado em fornecer infraestrutura e tornar acessíveis a todos dos serviços essenciais ao cidadão. A sociedade atua em ação complementar, contando com a responsabilidade social das empresas e a ação solidária das ONGs. Porém, a participação social de diferentes grupos sociais no processo de políticas públicas corrige eventuais regulamentações inadequadas à realidade local, bem como permite que a diversidade local seja vista e considerada na elaboração das políticas públicas voltadas a inclusão e igualdade das cidades.

Atualmente, as cidades abrigam a maior parte da população, as maiores taxas de desigualdades, bem como outras consequências sociais, econômicas e ambientais. Mas, também é nelas que surgem as soluções aos problemas urbanos, pois é nelas que se encontram as fontes e meios para a inovação (CHELLERI et al., 2015; KAIKA, 2017).

Autores como Chelleri et al. (2015), Meerow, Newell e Stults (2016), Kaika (2017) e Kummitha e Crutzen (2017) argumentam que as visões para as cidades contemporâneas estão centradas nas premissas de cidades inteligentes e de resiliência urbana, que não abrangem em seu centro indicadores de inclusão e igualdade social. As tecnologias avançadas subsidiam a gestão urbana e a estruturar a resiliência das cidades frente aos desafios que estão postos e estão por vir, mas as pessoas não deveriam ocupar o lugar central na tomada de decisão nas esferas públicas e privadas, permitindo que as cidades sejam mais inclusivas, igualitárias e resilientes?

A urbanização acelerada e os efeitos das mudanças climáticas desencadeiam uma série de problemas aos centros urbanos. O desemprego, falta de moradia, acesso à serviços de saúde, educação, aumento das temperaturas globais e elevação dos níveis dos mares, uso ineficiente e insustentável de recursos, a geração de resíduos sólidos, que deve ser duas vezes maior que a do crescimento populacional nos próximos trinta anos, desafiam as cidades a encontrar soluções para mitigar os riscos e desastres, tornando-as mais resilientes (CHELLERI et al., 2015; NAÇÕES UNIDAS, 2020, *online*).

A resiliência urbana (*urban resilience*) ou cidades resilientes (*resilient cities*) estão relacionadas à capacidade de uma cidade em "[...] resistir, absorver, acomodar e recuperar dos efeitos de um perigo de forma oportuna e eficiente, incluindo a preservação e restauração das suas estruturas e funções básicas essenciais" (DE JONG et al., 2015, p. 20, tradução nossa).

Meerow, Newell e Stults (2016) argumentam que o sistema de resiliência urbana inclui todas as redes socioecológicas e sociotécnicas constituídas na cidade em prol de manter, retornar, adaptar e transformar rapidamente as funções dos sistemas essenciais atuais. Biggs, Schlüter e Schoon (2015) acrescentam que a resiliência dos sistemas socioecológicos e sociotécnicos pode ser construída e aprimorada com base em princípios que tenham como base preservar a diversidade, gerir a conectividade e as variáveis, fomentar o pensamento de adaptação, incentivar o aprendizado, promover a participação social e a governança.

O conceito de resiliência urbana vem evoluindo no tempo. Em revisão da literatura, De Jong *et al.* (2015) concluiu que a resiliência urbana está associada à reação a riscos e desastres ambientais, choques econômicos, bem como da importância de instituições de governança urbana na gestão dos riscos e desastres urbanos. Porém, Hatuka *et al.* (2018) expõem que o conceito de cidades resilientes tem como visão, cidades capazes de suportar e regenerar-se de danos ambientais (efeitos das mudanças climáticas) e humanos (crises econômicas, ataques do terrorismo e pandemias). A resiliência urbana é associada à gestão de riscos e desastres (MENDES, 2020), e sua eficácia depende do alinhamento aos princípios da governança, planejamento inclusivo e participativo, uma matriz das vulnerabilidades urbanas e atuação com base na prevenção (JABAREEN, 2013).

Pela necessidade da abrangência holística à resiliência urbana é que pesquisadores e órgãos não governamentais como De Jong *et al*. (2015), Chelleri et

al. (2015), a UN (2020), o World Bank (2020) e a OECD (2020) relacionam conceitos de cidade resilientes aos de cidades sustentáveis e se utilizam das tecnologias avançadas das cidades inteligentes para a gestão dos riscos e desastres. “[...] comunidades sustentáveis são resilientes a choques sociais, econômicos e naturais.” (WORLD BANK, 2020, tradução nossa, *online*). Cidades resilientes tem a capacidade de absorver, recuperar e preparar-se para futuras crises econômicas, ambientais, sociais e institucionais. “[...] cidades resilientes promovem o desenvolvimento sustentável, bem-estar e crescimento inclusivo” (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2020, tradução nossa, *online*).

A United Nations (2020, *online*) também destaca a resiliência urbana na Agenda 2030 no ODS 11 – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis e faz menção à ações que promovam a resiliência do meio ambiente, das infraestruturas, das práticas agrícolas, das construções e das comunidades que recebem refugiados. A United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2020, *online*) busca reunir governos e sociedades em torno de ações para mitigar os riscos e as perdas de desastres para um futuro seguro, resiliente e sustentável. Para tal, a UNDRR segue os propósitos do Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 firmado pelos países-membros da UN na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada em 2015.

O Marco de Sendai está alinhado a outros acordos globais como a Agenda 2030 (ODS) e o Acordo de Paris e reforça a necessidade de ações conjuntas de governos nacionais e locais, setor público, setor privado e sociedade com abordagens holísticas, práticas inclusivas e acessíveis, centradas nas pessoas. A base de execução do Marco de Sendai tem quatro ações prioritárias: (i) compreensão do risco de desastres; (ii) fortalecimento da governança para gerenciar o risco de desastres; (iii) investimento na redução do risco de desastres; (iv) melhoria na preparação para desastres a fim de fornecer uma resposta eficaz de recuperação, reabilitação e reconstrução. O resultado esperado é a “redução substancial nos riscos de desastres e nas perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países” (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION, 2020, tradução nossa, *online*).

A OECD (2020, *online*) procura promover cidades resilientes em quatro dimensões: (i) econômica: diversidade de indústrias, economia dinâmica, ambiente para inovação, empregos e educação capacitante; (ii) sociedade: inclusão e coesão social, comunidades ativas, segurança e qualidade de vida; (iii) governança: gestões públicas capacitadas e transparentes, estratégias integradas; (iv) meio ambiente: políticas e infraestrutura adequadas, ecossistema diversificado e recursos naturais acessíveis.

O World Bank atua no City Resilience Program (CRP) em parceria com o Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR) financiando projetos para aumentar a resiliência nas cidades. Os investimentos visam atingir os objetivos centrais do World Bank de redução da pobreza extrema e propiciar a prosperidade compartilhada. Para tal, trabalha na parceria com o apoio financeiro em projetos urbanos para o diagnóstico dos riscos, capacitação das gestões locais com ferramentas e métodos de gestão do risco e enfrentamento das perdas, orientação à regulação para construções mais seguras e estabelecimento de parcerias centrais e locais. Na América Latina, as cidades de Salvador, Buenos Aires, Quito e Cidade do México tem programas de resiliência em implantação, fruto dessas parcerias. O programa de cidades resilientes do World Bank visa beneficiar 01 bilhão de pessoas e permitir que 50 milhões saiam da linha da pobreza nos próximos 20 anos, financiando a resiliência de 500 cidades, através do investimento de 500 bilhões de dólares de capital privado (GLOBAL FACILITY FOR DISASTER REDUCTION AND RECOVERY, 2020, *online*).

Meerow, Newell e Stults (2016) defendem o uso de cinco questões para conceitualizar a estruturação da resiliência urbana: (i) quem define a agenda e quem será beneficiado; (ii) o que será realizado; (iii) quando será feito, em qual escala temporal (curto, médio ou longo prazo); (iv) onde será aplicado, em qual abrangência espacial; (v) por que determinadas ações estão sendo promovidas, quais as motivações para tal. Esses autores defendem que não há respostas fechadas e simplistas, mas obtê-las através de um diálogo aberto e inclusivo com a sociedade é primordial para tornar as cidades mais resilientes.

A cidade situa-se em uma dinâmica entre governos e cidadãos, no qual os governos centrais e locas são tidos como atores principais, mas dependem do comprometimento dos cidadãos em formar comunidade mais resilientes. O planejamento espacial urbano, infraestrutura adequada de serviços básicos e

sistemas de comunicação eficientes governo-população são ações que tem subsidiado cidades a enfrentarem crises ambientais e humanas. Cidades como Nova York, Seattle e Rio de Janeiro são exemplos de cidades que desenvolveram planos para se tornarem resilientes (HATUKA et al., 2018).

O planejamento espacial e inteligente, compacidade e heterogeneidade contribuem para a flexibilidade e adaptabilidade de cidades resilientes (DE JONG et al., 2015; CHELLERI et al., 2015; HATUKA et al., 2018).

Entretanto, De Jong et al. (2015), Chelleri et al. (2015), Meerow, Newell e Stults (2016) expõem que as abordagens para as definições de resiliência urbana são por vezes ainda contraditórias ou com conclusões imprecisas. É preciso considerar que as cidades são um sistema complexo e multidisciplinar, constituídas de relações sociais com dinâmicas próprias de motivação e poder, que delimitam suas prioridades e, portanto, exigem uma visão integrada que demonstrem as vulnerabilidades locais.

Tanto pesquisadores da academia quanto de órgãos intergovernamentais têm atentado que a vulnerabilidade social deva ser o centro da resiliência urbana, pois alguns grupos sociais estão expostos a maiores riscos, seja por sua menor condição econômica ou de moradia, que em muitos casos estão interligados (CHELLERI et al., 2015; KAIKA, 2017; HATUKA et al., 2018). As perdas econômicas e os impactos sociais são consequências dos danos ambientais e humanos (LIU; SONG, 2020).

Jabareen (2013), Chelleri et al. (2015), Kaika (2017) acrescentam que é fundamental a inclusão dos processos sociais como o papel das comunidades e lideranças locais, suas redes e instituições, assim como do aprendizado social na formatação dos planos de resiliência urbana, pois é inegável que danos ambientais e humanos aumentam a desigualdade social.

Kaika (2017) critica os modelos e práticas, sistemas de indicadores e tecnologias padronizadas para tornar e medir cidades mais resilientes, pois as cidades são únicas, formadas por um conjunto de realidades singulares, que se relacionam no tempo e no espaço de diferentes formas. Os próprios conceitos de resiliência urbana direcionam que as cidades e os seus cidadãos, sobretudo os mais vulneráveis, devam ter a capacidade de absorver e adaptar-se frente as adversidades, em vez de em primeiro plano minorar e eliminar os riscos aos danos que os acometerão. Deste modo, está-se admitindo de forma subjacente um futuro de cidades mais desiguais.

Todavia, “[...] embora a resiliência urbana não pareça um conceito normativamente positivo, abordar aspectos da resiliência urbana permitirá uma maior

compreensão dos desafios da sustentabilidade global" (CHELLERI et al., p. 181, 2015). É preciso que os planos de resiliência sejam elaborados de baixo para cima, que os grupos sociais locais tomem suas próprias decisões e definam suas prioridades e estratégias (CHELLERI et al., 2015; KAIKA, 2017). Em Nova Orleans (EUA), por exemplo, lideranças locais organizam movimentos populares que pressionam a gestão pública por ações que garantam uma cidade sustentável, e não somente uma cidade resiliente (KAIKA, 2017).

Apesar do entusiasmo recente sobre a resiliência urbana, há um significativo vácuo entre os discursos e a prática. Os indicadores utilizados até o presente são de saída (*outputs*) em vez de resultado (*outcomes*). Os planos de resiliência efetivos mapeiam e integram os diversos riscos da cidade, o exercício dos princípios da governança reduz o impacto negativo nas comunidades, bem como ações de curto prazo alinhadas à ações de longo prazo potencializam ações transformadoras (THERRIEN; USHER; MATYAS, 2019).

Em suma, a resiliência urbana ganhou destaque com a intensidade dos desastres ambientais oriundos dos efeitos das mudanças climáticas, das crises econômicas e das epidemias e pandemia que veem abalando países de todos os continentes. Porém, percebe-se que o mapeamento da resiliência não incorpora em primeiro plano as vulnerabilidades sociais, ao lado das ambientais e econômicas. Discursos de órgãos não governamentais atentam ao fato e incluem os impactos sociais, mas autores citados como Kaika (2017),Therrien, Usher e Matyas (2019) argumentam que há uma lacuna entre discurso e prática, resiliência urbana e sustentabilidade. Afinal, como transformar o discurso em práticas resilientes e sustentáveis nas cidades, que abranjam as dimensões ambientais, econômicas e sobretudo as sociais? Sendo que é nelas que também recaem os impactos ambientais e econômicos. Trazer as pessoas e as vulnerabilidades sociais ao centro dos planejamentos urbanos nos parece óbvio, mas impute admitir a crescente desigualdade social no meio urbano, acirrado por danos ambientais e humanos. O momento atual (2020) de pandemia do COVID 19 nos parece escancarar que as pessoas, especialmente os mais vulneráveis, foram e são deixadas à margem das decisões políticas e do planejamento urbano em muitas partes do mundo, em países desenvolvidos e em desenvolvimento. A Figura 8 resume as dimensões citadas pelos autores e órgãos não governamentais em relação às cidades resilientes.

Figura 8 - Cidades resilientes: abordagens

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que os autores citados a cidades resilientes somam aos riscos e desastres ambientais e econômicos, a importância da atuação de estruturas de governança nas diversas esferas, assim como da inclusão das vulnerabilidades sociais para o âmbito da abordagem da resiliência urbana. Além disso, autores e órgãos não governamentais relacionam cidades resilientes e sustentáveis, visto que os planos de resiliência deveriam almejar alcançar ações estruturantes e transformadoras de longo prazo, que visem a sustentabilidade urbana.

Desse modo, todo o processo de políticas públicas necessita ser baseado num olhar para o desenvolvimento sustentável da cidade, com inteligência, criatividade e inovação, bem como de inclusão e igualdade social e; resiliência. O Quadro 6 demonstra as abordagens centrais de cada conceito, suas potencialidades e suas limitações.

Quadro 6 – Síntese: definições para as cidades

Definição	**Abordagens centrais**	**Potencialidades**	**Limitações**
Cidades Sustentáveis	Visão holística da cidade. Dimensões ambientais, econômicas e sociais. Participação da sociedade.	Visão holística. Diversidade territorial. Participação social. Planejamentos de curto, médio e longo prazo.	Não há uma definição universal. Sistemas de avaliação diversos.

Cidades Inteligentes	Uso de TICs, Big Data e *IoTs* na melhoria da gestão urbana e prestação de serviços.	Gestões públicas eficientes. Destaque à governança pública. Acesso facilitado aos serviços públicos.	Não há uma definição universal. Diversidade territorial versus padronização. Baixa participação social. Falta de acesso às tecnologias aumentam as desigualdades sociais. Sistemas de avaliação com carência de indicadores sociais e ambientais.
Cidades Inteligentes e Sustentáveis	Desenvolvimento holístico. Uso de TICs, Big Data e *IoTs* na melhoria de práticas sustentáveis à cidade.	Melhoria da gestão pública e dos serviços prestados. Diversidade territorial promove a inovação. Participação social. Uso de TICs nas áreas sociais e ambientais.	Baixa acessibilidade às TICs, Big Data e *IoTs.* Carência de sistemas de avaliação que considerem aspectos ambientais, sociais e econômicos.
Cidades Criativas e Inovadoras	Base na economia, mas atua também em áreas voltadas à sustentabilidade.	Geração de renda pode promover benefícios sociais e ambientais. Atração de talentos criativos promove a diversidade territorial. Desenvolvimento da arte e design. Avanços da ciência e tecnologia. Revitalização de áreas urbanas.	Requer investimentos financeiros, vontade política e de mercado. Classe criativa recebe benefícios diferenciados e aumentam a desigualdade social. Dimensões sociais e ambientais são consideradas em segundo plano.
Cidades Inclusivas e Igualitárias	Igualdade econômica, social, política e cultural.	As pessoas ocupam o papel central. Participação social. Ação conjunta do Estado e Sociedade.	Modelo atual do crescimento econômico. Pouca ênfase na área ambiental. Carência de políticas públicas voltadas à inclusão e igualdade social.
Cidades Resilientes	Riscos e desastres ambientais e econômicos.	Prevenção à danos ambientais e humanos. Uso de tecnologias avançadas. Governança.	Baixa participação social. Carência de ações à exclusão e desigualdade social.

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se no quadro acima que as definições de cidades sustentáveis buscam uma visão holística aos centros urbanos, abordando em sua essência aspectos econômicos, sociais e ambientais, enquanto as de cidades inteligentes se fundamentam no uso da tecnologia para melhoria da gestão urbana e prestação de serviços. Contudo, recentemente, pesquisadores já trabalham com definições de

cidades inteligentes e sustentáveis, unindo o uso de TICs, Big Data e *IoTs* em ações sustentáveis à cidade. De outra parte, os conceitos de cidades criativas e inovadoras tem sua base na economia, ao passo que os de cidades inclusivas e igualitárias procuram a igualdade econômica, social, política e cultural e; os de cidades resilientes estão voltadas aos riscos e desastres urbanos.

Percebe-se, esquematizando as definições atribuídas às cidades, que como a definição de sustentabilidade urbana é ampla, tentando abarcar todas as dimensões urbanas possíveis e; considerando a diversidade territorial, que amplia ainda mais o universo de atuação, surgem outras definições que focam em determinado aspecto temporal e/ou espacial relevante à sociedade. O risco de se optar por certos rótulos (*branding*) é que as ações não englobam aspectos essenciais à sustentabilidade urbana, deixando na maioria das definições, falhas profundas nas dimensões sociais e ambientais e; passam a ideia, por exemplo, que uma cidade inteligente é tão ou mais importante do que ser sustentável.

As pessoas que habitam esse planeta, que definem os padrões da sociedade, que causam e buscam soluções aos danos ambientais e humanos, são deixadas em segundo plano nas definições de cidades inteligentes, criativas, inovadoras e resilientes. Nessas abordagens, apesar de considerarem a diversidade territorial, não tem a participação social como uma potencialidade urbana.

Os impactos ambientais advindos das mudanças climáticas forçam as sociedades e planejadores urbanos a repensarem suas estratégias de urbanização, mas à exceção das definições de cidades sustentáveis e resilientes, pouco se aborda nas definições de cidades inteligentes, criativas, inovadoras, inclusivas e igualitárias e; quando o faz, pouco se conecta ao social e econômico.

Observa-se que há uma lacuna entre os discursos políticos que versam sobre cidades do futuro ideais e a realidade presente, trazidas à tona por pesquisas científicas da academia e de organizações, que apontam para problemas atuais e relevantes deixados a esmo, como o acirramento das desigualdades sociais, que impactam no ambiente natural e econômico e vice-versa.

É certo que a diversidade territorial do planeta impossibilita padronizações de conceitos, planos e sistemas de avaliações, mas se a sociedade fosse elevada ao papel central no processo de políticas públicas, as decisões fossem tomadas de baixo para cima com a participação social efetiva, como já acontece em democracias de alguns países nórdicos e mesmo em certas cidades brasileiras, o planeta rumaria a

um futuro mais sustentável a todos, sem deixar ninguém para trás. Será utopia ou podem ser construídos políticas públicas e sistemas de avaliação urbana que levem em conta as mais sofridas realidades urbanas atuais, com sua territorialidade, para um desenvolvimento sustentável?

2.2 Economia circular

A Revolução Industrial introduziu o conceito de linha de produção (fordista) no século XVIII com a exploração sem limites dos recursos naturais. Nos anos de 1960, pesquisadores apontam para as interfaces do meio natural e de produção, bem como das consequências dessa exploração desmedida. Nesse período surgem conceitualizações da economia mais verde e da indústria ecológica. A partir dos anos de 1990, o conceito de economia circular ganha atenção mundial, principalmente quando a União Europeia e a China adotam políticas alinhadas aos princípios da economia circular (PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018). Esses países percebem que é preciso agir contra os efeitos nocivos do crescimento econômico com a ilimitada exploração dos recursos naturais e posterior descarte de resíduos; levando a escassez dos recursos, poluição de todas as formas e destruição de biomas.

Cechin e Veiga (2010, p. 451) alegam que ao longo da história:

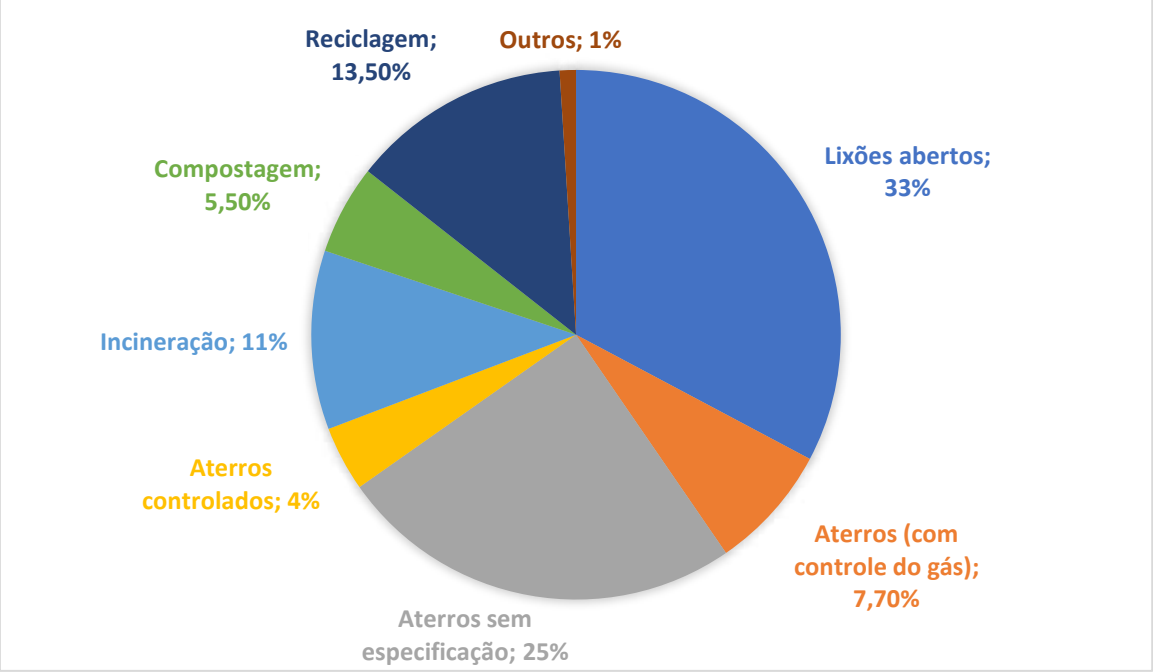
> [...] apesar de todas as divergências entre as diversas escolas de pensamento econômico — dos marxistas aos neoclássicos, dos keynesianos aos shumpeterianos, passando pelos institucionalistas etc. — todas elas compartilham uma visão de sistema econômico isolado do ambiente natural.

Esses autores expõem o pensamento desenvolvido por Georgescu-Roegen nas décadas de 1950-1970, no qual argumenta que a economia e o sistema de produção não podem ser considerados como sistemas fechados, que não se relacionam com o meio natural. Em todos os processos, há a retirada de recursos naturais e o despejo de resíduos na natureza. Portanto, não há como tratar a economia e o meio-ambiente em esferas distintas, sem considerar suas conexões. Contudo, para Georgescu-Roegen somente a necessidade da humanidade em lidar com os recursos naturais escassos é que farão a pressão necessária para a mudança de paradigma da economia linear e do crescimento econômico. Nesse contexto, as

escolhas dos consumidores exercem papel fundamental para a ruptura desse paradigma, atuando na regulação da oferta e demanda de produtos mais sustentáveis.

O volume de materiais extraídos dobrou à nível mundial desde 1980, atingindo cerca de 72 gigas toneladas em 2010 e estima-se que em 2030 chegará à 100 gigas toneladas (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). Pelo modelo econômico predominantemente linear são gerados anualmente 2,01 bilhões de toneladas de resíduos no mundo e deverá chegar à 3,40 bilhões de toneladas até 2050 (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2020, *online*). Desse total, cerca de 33% dos resíduos são despejados em lixões a céu aberto, 25% em aterros sem especificação, 7,7% em aterros com controle do gás e 4% em aterros controlados, 11% são incinerados e 19% são recuperados por reciclagem (13,5%) ou compostagem (5,5%) conforme exposto na Figura 9. Nos países de baixa renda, 90% ou mais dos resíduos gerados são descartados em lixões ou queimados (KAZA et al., 2018).

Figura 9 - Tratamento e disposição global de resíduos



Fonte: Adaptado de Kaza *et al.*, 2018, p. 9. World Bank

Nesse cenário que se alonga por décadas de exploração e despejo, Sachs (1986) argumenta que é preciso ressignificar a definição de produto final, pois no modelo linear de produção esse dado produto resultará em perdas e futuro descarte no meio ambiente. Em uma relação ecologicamente saudável de consumo e

crescimento econômico esses produtos estão em sistemas integrados de produção, no qual as perdas e descarte do produto são considerados recursos, matéria-prima de outro produto através de processos de reciclagem e reuso de materiais. “A sustentabilidade dos processos de produção implica cuidadosa gestão e reciclagem de recursos esgotáveis, assim como o emprego, sempre que possível, de recursos renováveis” (SACHS, 1986, p. 50).

O conceito de economia circular é atribuído por uma vertente de pesquisadores à Pearce e Turner (1990), que se basearam nas pesquisas de Boulding (1966) (PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018), mas as premissas dos modelos econômicos circulares já eram exploradas por várias linhas de pesquisa, de ambientalistas à economistas como Georgescu-Roegen e Sachs, citados acima.

A repercussão e mobilização mundial em mitigar e frear os impactos das mudanças climáticas levam os pesquisadores da academia e das organizações, bem como as lideranças mundiais a visualizarem a transição para economia circular com mais atenção, reestruturando o atual modelo linear de produção.

Segundo estudos realizados por países europeus, a mudança para o modelo de economia circular reduzirá 70% da emissão dos gases de efeito estufa de cada país e ampliará as oportunidades de trabalho em 4%, pois novas habilidades e capacidades são necessárias em cada fase da economia circular (STAHEL, 2016).

“A economia circular é um modelo de produção e consumo (com forte ênfase na produção), cujo objetivo final é alcançar a dissociação do crescimento econômico do esgotamento dos recursos naturais e da degradação ambiental” (WILLIAMS, 2019, p. 2749). A European Commission (2020, *online*) dos países da União Europeia define a economia circular como aquela que “[...] visa manter o valor dos produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível na economia, devolvendo-os ao ciclo do produto no final de seu uso, minimizando a geração de resíduos.” A linha conceitual partilhada pela European Commission é apropriada em grande parte das pesquisas mais recentes sobre economia circular como por Stahel (2016), Michelini et al. (2017), Ritzén e Sandström (2017), Pauliuk, (2018), Taelman et al. (2018), Fusco Girard e Nocca (2019), Sistema Fiep (2019), Greer, Von Wirth e Loorbach (2020), Fogarassy et al. (2020), Palafox-Alcantar, Hunt e Rogers (2020).

As estratégias centrais da economia circular se baseiam no alongamento da vida útil dos produtos e materiais, na sua reutilização e remanufatura. A redução de resíduos, perdas e produtos descartados levará a redução do uso de novos recursos

e em consequência haverá melhorias ao meio ambiente. A produção e o consumo tanto dos meios de produção e serviços quanto das famílias são elementos chave para o sucesso da economia circular (EUROPEAN COMMISSION, 2020, *online*).

A economia circular "[...] enfatiza o redesenho de processos e a ciclagem de materiais no comércio e na indústria. Seu objetivo é projetar resíduos, devolver nutrientes e reciclar bens duráveis, usando energia renovável para alimentar a economia" (WILLIAMS, 2019, p. 2974, tradução nossa). O processo da economia circular inicia no *design* dos produtos e no planejamento da produção, nos quais podem ser minimizados o uso de recursos naturais e projetados a gestão sustentável da cadeia produtiva, oportunizando a geração de novos negócios e renda à população. A economia circular analisa como é produzido e utilizado a energia, a emissão de gases de efeito estufa, poluição de todas as formas, desperdício de materiais e alimentos, bem como o estoque de produtos pela sociedade. No fechamento do ciclo os materiais e produtos são reincorporados na economia para a produção de novos produtos (MICHELINI et al., 2017; TAELMAN et al., 2018; EUROPEAN COMMISSION, 2020, *online*).

De acordo com a European Commission (2020, *online*), os benefícios da economia circular são percebidos nas empresas de qualquer tamanho e natureza, na sociedade e no meio ambiente como: (i) economia de materiais e energia; (ii) formas eficientes de produção e consumo; (iii) redução dos resíduos; (iv) subsidia a autossuficiência de matérias-primas; (v) oportunidades de geração de renda local e integração social; (vi) melhoria dos índices ambientais.

A Ellen MacArthur Foundation (2020, *online*) defende que é necessário reorganizar o sistema atual de produção baseado na extração, produção e descarte dos resíduos (*take-make-waste*) (*take-make-dispose*). Os recursos devem ser gerenciados, a forma de produção, o uso de produtos e o que são feitos com os materiais que sobram ou que ficam obsoletos frente a novas tecnologias têm de ser repensados dentro dos limites planetários, pois o sistema predominante está causando sérios danos ao meio ambiente, à sociedade e às empresas. A economia circular viabiliza a geração de capital econômico, natural e social e pode ser aplicado de grandes à pequenas organizações, no coletivo e no individual, no global e local.

A economia circular requer mudanças sociais, econômicas e industriais, embasadas em legislações que estruturem a economia circular e em políticas públicas

que apoiem produtos e modelos de negócios mais sustentáveis (PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018; WILLIAMS, 2019b).

Sachs (1986) ressalta a importância de mudar os padrões de produção e consumo e destaca pontos importantes de mudança que se alinham aos princípios da economia circular, que são: implementar processos de reciclagem e reutilização de materiais, priorizar o uso dos recursos renováveis em substituição aos recursos finitos, eliminar os desperdícios de materiais, tanto na escala industrial como doméstica, realizar escolhas de tecnologias apropriadas ao meio ambiente e ao social local, transformar o lixo em fonte de riqueza, promover mudanças de comportamento que visem eliminar o desperdício e os resíduos, produzir bens e utensílios mais duráveis, que permaneçam mais tempo em uso, incorporar no desenho do produto a responsabilidade social e ambiental, racionalizar os fluxos de transporte de pessoas e materiais, assim como a integração das economias locais, regionais e nacionais. Girard e Nocca (2019), Fogarassy et al. (2020), ressaltam que o sucesso de sistemas circulares depende em grande parte da mudança do hábito de consumo e que o *marketing* digital contribui para as mudanças comportamentais, sobretudo entre os mais jovens.

A demanda por produtos e serviços mais sustentáveis pressionam o mercado e os atores envolvidos (*stakeholders*) na cadeira produtiva e de serviços por inovações circulares. As interações e cooperações entre as partes interessadas tem o potencial de promover e qualificar um ecossistema de inovações circulares inter-relacionadas, por meio de contratos, acordos e tratados (GIRARD; NOCCA, 2019; GREER; VON WIRTH; LOORBACH, 2020).

A Ellen MacArthur Foundation coopera com o setor privado e público através da plataforma *multistakeholder* CE 100 na transição de sistemas lineares para circulares de empresas, governos e cidades, startups e demais organizações. A CE 100 conta com a parceria da UN Environment Cities e da C40 Cities Climate Leadership Group, do qual as cidades de Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador fazem parte. Empresas como Unilever, H&M, Renault, Philips e Google compõem o rol de empresas do CE 100. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020, *online*).

Eventos públicos como exposições e congressos contribuem para o aprendizado, conexão e cooperação entre os atores, no qual a sociedade é integrante ativa. A atuação cooperada entre diversos atores, alinhada aos princípios da

economia circular, viabiliza a co-criação de ideias sustentáveis e circulares mais bem sucedidas em sua implementação (GREER; VON WIRTH; LOORBACH, 2020).

Os princípios centrais da economia circular são reduzir, reutilizar e reciclar (PRIETO-SANDOVAL; JACA; ORMAZABAL, 2018). Esses princípios significam: (i) projetar e eliminar resíduos e poluição desde o princípio; (ii) manter produtos e materiais em uso; (iii) regenerar sistemas naturais. Para tal, a atividade econômica prioriza o uso de recursos renováveis e suprime resíduos do sistema de produção. Os resíduos e as perdas são tratados como materiais que se recolocam no ciclo produtivo. O modelo de economia circular considera dois tipos de ciclos: (i) biológicos: materiais como alimentos, madeira e algodão, retornam ao sistema por meio de processo de compostagem e digestão anaeróbica, regenerando sistemas vivos; (ii) técnicos: produtos e materiais são restaurados através do reuso, reparo ou reciclagem (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020, *online*). Os processos de economia circular ocorrem em três níveis: (i) micro, a nível da empresa, dos cidadãos; (ii) meso, a nível de redes de empresas, parques eco-industrial, de bairro, de cidade; (iii) macro, a nível regional, nacional ou internacional (GIRARD; NOCCA, 2019).

Bressanelli et al. (2018) expõem que as tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoTs), Big Data e tecnologias de análise atuam como facilitadores na implementação da economia circular e auxiliam a maximização da eficiência dos recursos e alongamento da vida útil dos produtos. Esses autores destacam oito principais funcionalidades das tecnologias digitais que apoiam a eficiência da economia circular: (i) aprimorar o *design* dos produtos; (ii) melhorar as atividades de *marketing*; (iii) monitorar o uso do produto e permitir seu compartilhamento; (iv) facilitar a prestação de suporte técnico; (v) viabilizar a manutenção preventiva e preditiva do produto; (vi) otimizar o uso do produto; (vii) permitir a atualização do produto; (viii) subsidiar as atividades de reforma, remanufatura e reciclagem. As ferramentas digitais empregadas podem ser destinadas a analisar e apresentar resultados ou podem ser destinadas a melhorar a performance do uso dos produtos, que na prática alonga a vida útil e o fechamento do ciclo.

A British Standards Institution publicou em 2017 o guia BS8001: 2017 – Circular Economy, com o objetivo de fornecer subsídios para implementar sistemas e modelos de negócios circulares às organizações de qualquer tamanho e natureza. Os estudos iniciaram em 2013 e envolveram diversos *stakeholders* do Reino Unido e do exterior sobre temas de gerenciamento de recursos e prevenção de resíduos. O guia

traz recomendações e esclarecimentos sobre as estruturas da economia circular, mas não habilita para certificações. As transições corporativas para modelos de negócios circulares e sustentáveis ocorrem em paralelo aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável, que incluem preceitos da economia circular como a gestão eficiente de recursos e resíduos (PAULIUK, 2018). Para esse autor é relevante ao sucesso da transição para economias circulares ser considerado a gestão eficiente do ciclo de materiais. Porém, para que alcance dimensões além do universo corporativo é necessário que sejam incorporados políticas e estratégias nacionais que visualizem os sistemas circulares de forma holística, a fim de impactar positivamente o meio natural e social. De acordo com Schoroeder, Anggraeni e Weber (2019), as empresas exercem papel relevante enquanto um dos atores propulsores do desenvolvimento sustentável com potencial para propagar dos princípios e técnicas da economia circular na sociedade. Dessa forma, cooperará para a transição da economia linear para a circular.

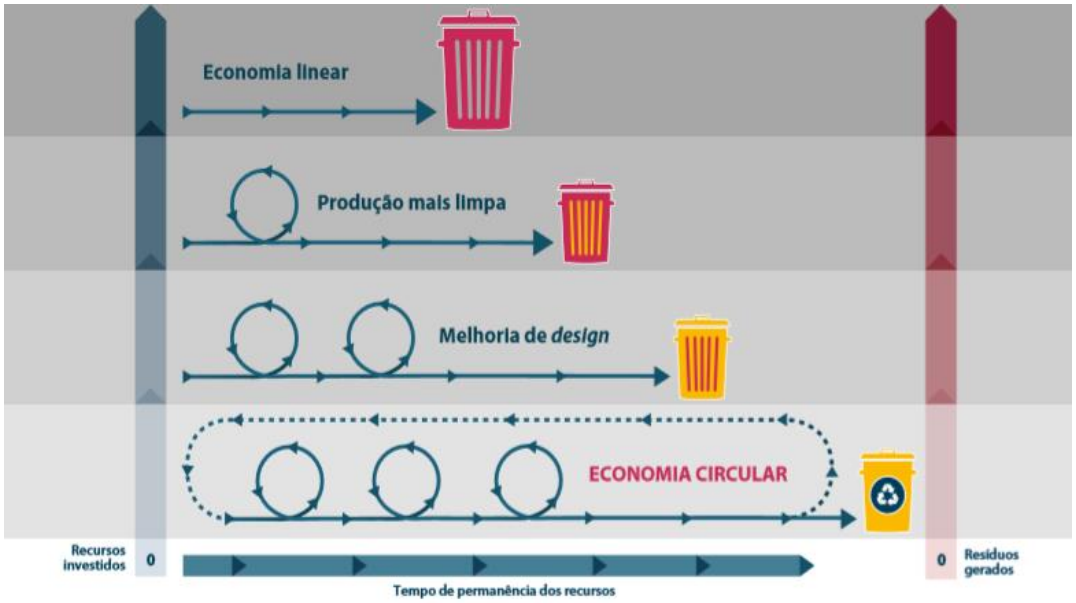
No Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2020, *online*) foi criado em 2020, a Comissão de Estudo Especial de Economia Circular - CEE-323, para formatar o guia espelho brasileiro da ISO/TC 323 (em elaboração), que também pretende fornecer orientações padronizadas às organizações para a implementação da economia circular e, portanto, contribuir para a transição da economia linear para circular.

A Figura 10, 11 e 12 esquematizam as principais características dos modelos de economia linear, sua transição para economia circular e o circuito fechado da economia circular.

Figura 10 - Economia linear

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 11 - Passagem do modelo linear para o circular



Fonte: Sistema Fiep (2019)

Figura 12 - Circuito fechado (*closing loops*)

Fonte: Adaptado de Stahel (2016)

Observa-se na Figura 9 o processo de produção de extração de recursos, produção, consumo e descarte (*take-make-waste*) (*take-make-dispose)* predominante desde a Revolução Industrial na maioria das empresas.

A Figura 10 demonstra a transição da economia linear para a economia circular, passando por um patamar de conscientização inicial de uma produção mais limpa, posteriormente conduz à melhoria do design para produtos mais sustentáveis e implementação da economia circular. O esquema apresenta a transição relacionada aos recursos investidos, tempo de uso dos recursos e os resíduos gerados. Verifica-se que na economia linear os recursos investidos e resíduos gerados são altos para um tempo menor de uso dos recursos quando comparado à economia circular.

No circuito fechado (*closing loops*) da economia circular exposto na Figura 11, os recursos extraídos como água, energia e outros recursos naturais adentram à cadeia produtiva, mas a utilização de materiais usados, por meio do reuso, remanufatura, reparação e reciclagem diminuem o uso de novos recursos naturais. A produção é distribuída ao consumo ou uso dos produtos. A economia circular introduz o conceito do uso do produto e não necessariamente sua propriedade. O consumidor, por exemplo, pode optar pelo uso de um carro ou de máquinas de lavar roupa por determinado período ou número de vezes, sem ter sua propriedade. Os bens passam a ser comercializados também como serviços, contribuindo em diminuir a carga por novos recursos e melhor aproveitamento dos materiais. Para tal, se faz necessário investimentos em pesquisa que possibilitem inovações para converter produtos usados em novos materiais a reentrar no processo produtivo (STAHEL, 2016).

As práticas da economia circular têm se ampliado à medida que temas sobre a sustentabilidade alcançam maior destaque em nível local, regional, nacional e global. Embora o interesse maior esteja no meio empresarial, cresce a percepção de que o modelo de economia circular pode contribuir para o desenvolvimento sustentável e o alcance dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019; GIRARD; NOCCA, 2019).

Os conceitos da economia circular estão diretamente relacionados ao ODS 12 – Consumo e produção responsáveis e tem forte associação com as metas dos ODS 6 - Água potável e saneamento, ODS 7 - Energia acessível e limpa, ODS 8 - Trabalho decente e crescimento econômico e ODS 15 - Vida terrestre. O alinhamento dos princípios da economia circular com os ODS e a interdependência entre esses

cooperam no alcance dos demais ODS (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). Esses autores expõem que essa relação é tratada com maior atenção por países desenvolvidos e recentemente os países em desenvolvimento iniciaram práticas da economia circular, principalmente da reciclagem dos resíduos, que auxiliam as gestões públicas no gerenciamento de resíduos. Os países desenvolvidos e em desenvolvimento percebem o potencial da economia circular em oportunizar novas formas de geração de renda, porém é preciso investimentos em educação para o desenvolvimento de novas habilidades e capacidades. Esses investimentos se tornam mais eficientes quando advém de parcerias público-privado.

O ODS 12 - Assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis tem entre suas metas, propósitos que se alinham aos princípios da economia circular que são: **12.2** Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais; **12.3** Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita; **12.5** Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso; **12.a** Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo. Em um exemplo reflexivo, do total de alimentos produzidos anualmente, um terço se torna resíduo, seja por perda ou desperdício e; ao mesmo tempo milhões de pessoas ao redor do mundo passam fome todos os dias. É responsabilidade do consumidor mudar seus hábitos, realizar escolhas por produtos mais sustentáveis, sem acumular ou desperdiçar, enquanto cabe aos modelos de negócios inovar em soluções que evitem as perdas e os resíduos, assim como tornar os produtos mais duradouros (UNITED NATIONS, 2020, *online*).

Girard e Nocca (2019) destacam a vinculação da economia circular com o ODS 11 – Tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. A United Nations (2020, *online*) através da New Urban Agenda (2016) aponta no item 71 o comprometimento com a gestão sustentável dos recursos e a redução dos resíduos em uma transição para a economia circular, considerando a conexão entre o urbano e o rural.

Atualmente, as cidades consomem em média cerca de 70% dos recursos naturais, 60% da energia global, geram cerca de 50% dos resíduos globais e emitem 75% dos gases de efeito estufa. Estima-se que as metrópoles serão responsáveis por

91% do crescimento do consumo e 81% do total do consumo entre 2015 a 2030. Nesse contexto, cerca de 50% das cidades com mais de 100 mil habitantes já sofrem com a escassez de água, sendo que esse número cresce rapidamente. Em adição, a falta de alimentos e energia, escassez de insumos exacerbam os desafios urbanos, ao mesmo tempo que lida com os desastres naturais cada vez mais frequentes, como efeito das mudanças climáticas (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018; WILLIAMS, 2019a).

As cidades são ecossistemas complexos, no qual diversos atores interdependentes atuam na produção e consumo de recursos combinados para uma gama de atividades, setores e escalas (WILLIAMS, 2019a). Adotar modelos circulares pressupõem o entendimento das complexas relações entre diferentes valores de uso e de recursos, dos papéis atuantes e a da necessidade da relação em redes (GIRARD; NOCCA, 2019).

Ao longo do tempo, as cidades deixaram de ser autossuficientes, tornaram-se dependentes de combustíveis fósseis, de energias não renováveis e de recursos e produtos globalizados. O alargamento da malha urbana afastou as terras produtivas e o abastecimento alimentar local dos centros urbanos, como também levou à exportação dos resíduos municipais para outras cidades, ou mesmo para outros países (WILLIAMS, 2019a).

O cenário de aumento da população urbana, a demanda crescente por riqueza e o distanciamento acelerado para obtenção dos recursos reforçam a necessidade das cidades em realizarem escolhas por modelos de negócios circulares, a fim de reduzirem o fluxo e quantidade de resíduos urbanos gerados. A ciclagem dos recursos (*looping*) em escala local e global é argumentada como vital para ecossistemas urbanos sustentáveis (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018; PRENDEVILLE; CHERIM; BOCKEN, 2018; WILLIAMS, 2019a ; GIRARD; NOCCA, 2019).

A aplicação de sistemas circulares nas cidades pode viabilizar a sustentabilidade da urbanização, reduzindo a emissão dos gases do efeito estufa, promovendo o uso de energia renovável, gestão eficiente dos recursos e resíduos, melhor qualidade de vida e preservação do patrimônio cultural (GIRARD; NOCCA, 2019). Esses autores destacam que sistemas circulares urbanos investem na restauração e reutilização do patrimônio físico (prédios subutilizados ou abandonados) e cultural (resgate da cultura como meio de receita), prolongando o valor do uso.

> A economia circular e a mineração urbana têm ganhado espaço em políticas públicas e linhas de pesquisa como conceitos que buscam agregar valor aos materiais residuais. Dessa forma, contribuem para a criação de empregos, atenuação dos impactos ambientais, aumento da competitividade da indústria e apoio à transição de uma economia linear para uma economia circular, o que resulta em novos modelos de negócios sustentáveis (XAVIER, OTTONI, 2019, p.5).

Se os centros urbanos são os maiores consumidores de recursos e o local de maior desperdício, seja pela perda, geração de resíduo e subutilização de materiais, veículos e edifícios; é nelas que deve haver investimentos públicos e privados para eliminar resíduos e poluição de todas as formas, recuperar o meio natural, manter produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível e; regenerar o valor dos materiais e produtos na cadeia produtiva e de serviços. Os sistemas circulares trazem benefícios econômicos, sociais e ambientais à cidade, aumentando a produtividade econômica, gerando oportunidades de renda, criando condições para a saúde urbana social e ambiental e favorecendo a produção local (WILLIAMS, 2019b; GIRARD; NOCCA, 2019; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020, *online*). As tecnologias digitais como Big Data e IoTs se apresentam como fortes aliadas no suporte estrutural às medidas de transição para a economia circular (BRESSANELLI et al., 2018; GIRARD; NOCCA, 2019; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020, *online*).

A Ellen MacArthur Foundation (2020, *online*) defende a aplicação inicial dos princípios da economia circular nos sistemas urbanos da: (i) mobilidade: diversificar os modais para energias limpas e aproximar as pessoas dos locais de trabalho; (ii) espaços construídos: reformar e reutilizar, reduzindo a subutilização de áreas edifícios e o desperdício de materiais; (iii) produtos e alimentos: aumentar a durabilidade dos produtos, reutilizar, remanufaturar e reciclar, além de reduzir e eliminar as perdas e desperdícios de alimentos. Políticas específicas voltadas ao incentivo do compartilhamento de áreas e produtos, à restrição do uso do plástico descartável, ao processo têxtil do "*fast fashion*" e à cadeia produtiva de alimentos de origem mais sustentável e saudável, evitando as perdas e os desperdícios, demonstram surtir resultados significativos aos centros urbanos.

O sucesso da transição de uma cidade baseada na economia linear para economia circular exige uma abordagem holística e inclusiva que agregue representantes dos diversos atores que se inter-relacionam no contexto da cidade. Como cada um desses atores possuem visões particulares sobre o tema, se faz necessário que eles formulem objetivos únicos à cidade, formatem um plano de

transição e os execute conjuntamente (TAELMAN et al., 2018; GIRARD; NOCCA, 2019; GIOVANI PALAFOX-ALCANTAR; HUNT; ROGERS, 2020). Entretanto, é esperado que divergências de opiniões e interesses gerem conflitos no processo de transição. Para tal, é importante que os formuladores de políticas e ações considerem: (i) capturar múltiplas percepções de valor; (ii) facilitar a cooperação entre as partes interessadas; (iii) garantir que as partes interessadas sejam proativas e cooperativas; (iv) aumentar a conscientização e fornecer regulamentos que apoiem a economia circular; (v) alcançar um resultado que satisfaça todos os participantes (PALAFOX-ALCANTAR; HUNT; ROGERS, 2020).

Os planos de transição devem contemplar metas e ações de curto, médio e longo prazo, que precisam ser avaliadas e divulgadas em determinados períodos, a fim de que as partes envolvidas possam acompanhar os ganhos e redirecionar os esforços de ações que não foram bem-sucedidas. Para tal, é fundamental o uso de ferramentas como indicadores de desempenho, governança de baixo para cima e investimentos em modelos de negócios circulares (GIRARD; NOCCA, 2019).

Atualmente, há diversas cidades que estão empregando práticas circulares nas cadeias produtivas e no próprio planejamento urbano da cidade (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018; GIRARD; NOCCA, 2019). As práticas mais utilizadas estão centradas na gestão dos resíduos e consumo social, com foco na reciclagem e reutilização, além do planejamento urbano, que estabelece normas para a mobilidade, construção e questões ambientais. Essas práticas somadas às cadeias produtivas circulares constituem elementos chave da economia circular (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018). Na gestão de resíduos, a reciclagem se tornou uma estratégia chave na transição dos centros urbanos para a economia circular, que incluem a reciclagem dos materiais ou seu tratamento biológico (compostagem, digestão anaeróbica), porém o processo de reciclagem carece de regulamentações em várias regiões e setores (TANTAU; MAASSEN; FRATILA, 2018).

Prendeville, Cherim e Bocken (2018) reforçam que a economia circular se baseia em redes de cooperação entre as partes envolvidas da cidade, necessitam de liderança, considerem o contexto da cidade e sejam adaptáveis ao longo do tempo. As empresas são um atrativo aos investimentos em sistemas circulares, que atuam em parceria com os governos locais, no qual os cidadãos e comunidades são inseridos.

O modelo de cidade circular não se resume ao somatório de negócios e sistemas circulares, consiste na territorialização dos princípios da economia circular, onde nada é desperdiçado, tornando-se sistemas urbanos regenerativos e acessíveis, que unem a sustentabilidade ambiental, a produtividade econômica e a justiça social, na redução das desigualdades sociais (GIRARD; NOCCA, 2019). Cabe a cada cidade estabelecer suas estratégias de economia circular, de acordo com suas metas de sustentabilidade e prioridades locais (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018).

Assim, não há um consenso sobre a definição de uma cidade circular (*circular city*), assim como não há um consenso sobre os indicadores a serem utilizados para avaliar o desempenho da cidade circular, visto que os temas são relativamente novos na literatura (PRENDEVILLE; CHERIM; BOCKEN, 2018; GIRARD; NOCCA, 2019) e cada cidade apresenta uma realidade única, formada pelo seu território e sua territorialidade.

Os indicadores de desempenho utilizados para avaliar cidades circulares são inúmeros, pois há medidas de resultados diretos dos processos circulares, como o da reciclagem e postos de trabalhos verdes, mas há outros de resultados indiretos como saúde e qualidade de vida, ambiental e humana. De forma generalizada, os indicadores se relacionam às dimensões básicas da sustentabilidade: econômico, social e ambiental. Na dimensão econômica são comuns os indicadores voltados à receita da reciclagem, inovação para sistemas circulares e renda familiar proveniente da economia circular, que também é considerado na dimensão social. A gestão dos resíduos, energias renováveis e emissão de gases de efeito estufa são vinculados à dimensão ambiental. Os indicadores de ciclos de materiais, como a reciclagem das cidades são os mais disponíveis, enquanto os indicadores para mensurar as estratégias adotadas são quase inexistentes. Apesar de haver indicadores sociais atrelados à economia circular, esses são escassos quando comparados aos indicadores econômicos e ambientais (GIRARD; NOCCA, 2019).

Sintetizando os aspectos abordados pelo modelo de economia circular o Quadro 7 elenca as dimensões e os ideais defendidos pelos autores selecionados, centrados principalmente a partir de 2015, quando do acordo global pelos 17 ODS.

Quadro 7 - Dimensões e ideais da economia circular

Dimensões abordadas	Ideais defendidos	Autores - Órgãos
Conceitual	Dissociação do crescimento econômico do esgotamento dos recursos naturais e da degradação ambiental. Manutenção do valor dos produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível na economia, devolvendo-os ao ciclo do produto no final de seu uso, minimizando a geração de resíduos.	Stahel (2016), Michelini et al. (2017), Ritzén e Sandström (2017), Pauliuk (2018), Taelman et al. (2018), Pietro-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018), Girard e Nocca (2019), Sistema Fiep (2019), Williams (2019), Xavier e Ottoni (2019), Greer, Von Wirth e Loorbach (2020), Fogarassy et al. (2020), Palafox-Alcantar, Hunt e Rogers (2020), Ellen MacArthur Fondation (2020), European Commission (2020).
Estratégias	Alongamento da vida útil dos produtos e materiais, na sua reutilização e remanufatura. Redução de resíduos, perdas e produtos descartados. Redução do uso de novos recursos. Melhorias do meio ambiente.	Stahel (2016), Michelini et al. (2017), Ritzén e Sandström (2017), Pauliuk (2018), Taelman et al. (2018), Pietro-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018), Girard e Nocca (2019), Sistema Fiep (2019), Xavier e Ottoni (2019), Greer, Von Wirth e Loorbach (2020), Fogarassy et al. (2020), Palafox-Alcantar, Hunt e Rogers (2020), Ellen MacArthur Fondation (2020), European Commission (2020).
Mudanças sociais, econômicas e industriais	Design de produtos sustentáveis. Planejamento e gestão sustentável da cadeia produtiva. Padrões de consumo sustentáveis.	Sachs (1986), Michelini et al. (2017), Taelman et al. (2018), Pietro-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018), Williams (2019b), Fogarassy et al. (2020), Girard e Nocca (2019), European Commission (2020), Ellen MacArthur Foundation (2020).
Benefícios Holísticos	Economia de materiais e energia. Formas eficientes de produção e consumo. Redução dos resíduos. Autossuficiência de matérias-primas. Geração de renda local e integração social. Melhoria dos índices ambientais.	Sachs (1986), Pauliuk (2018), Schoroeder, Anggraeni e Weber (2019), Williams (2019), Girard e Nocca (2019), Xavier e Ottoni (2019), European Commission (2020), Ellen Macarthur Foundation (2020), United Nations (2020).
Atores envolvidos -*stakeholders*	Interações e cooperações entre os *stakeholders* promovem e qualificam um ecossistema de inovações circulares.	Taelman et al. (2018), Prendeville, Cherim e Bocken (2018), Girard e Nocca (2019), Greer, Von Wirth e Loorbach (2020), Ellen Macarthur Foundation (2020), Palafox-Alcantar, Hunt e Rogers (2020).
Tecnologias digitais - *Iots, big data*	Facilitadores na implementação da economia circular.	Bressanelli et al. (2018)

	Permite a análise e apresentação de resultados. Melhoria na performance do uso dos produtos.	
Inovação	Investimentos em pesquisa que possibilitem inovações para converter produtos usados em novos materiais a reentrar no processo produtivo. Desenvolvimento de novas habilidades e capacidades.	Stahel (2016), Schoroeder, Anggraeni e Weber (2019), Girard e Nocca (2019).
Desenvolvimento sustentável – ODS	Contribui para o desenvolvimento sustentável e o alcance dos 17 ODS da Agenda 2030.	Schoroeder, Anggraeni e Weber (2019), Girard e Nocca (2019), United Nations (2020).
Cidades circulares	Territorialização dos princípios da economia circular. Aplicação da economia circular pode viabilizar a sustentabilidade da urbanização. Abordagem holística e inclusiva oportuniza benefícios econômicos, sociais e ambientais. Sistemas circulares empregados nas cadeias produtivas, de serviços e no planejamento urbano da cidade. Indicadores de desempenho econômicos, sociais e ambientais.	Petit-Boix e Leipold (2018), Taelman et al. (2018), Prendeville, Cherim e Bocken (2018), Tantau, Maassen e Fratila (2018), Girard e Nocca (2019), Williams (2019a), Ellen MacArthur Foundation (2020), Palafox-Alcantar, Hunt e Rogers (2020).

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se no Quadro 7 que os autores referenciados convergem no conceito central da economia circular de manter o valor dos materiais pelo maior tempo possível na cadeia produtiva, reduzindo a utilização de recursos novos e a geração de resíduos. As estratégias seguem a linha conceitual para promover melhorias no meio ambiente, porém são necessárias mudanças sociais de padrão de consumo e *design* de produtos e processos produtivos sustentáveis. A economia circular tem o potencial para além da produtividade econômica e avanços dos índices ambientais, em promover oportunidades de geração de renda e integração social se for implantada com uma visão holística, no qual todos os atores (*stakeholders*) cooperam de forma ativa para a transição dos processos. As tecnologias digitais atuam como facilitadores na implementação da economia circular, porém são necessários investimentos para oportunizar inovações técnicas e sociais. O desenvolvimento sustentável das cidades pode ser viabilizado pelas práticas dos princípios da economia circular em uma abordagem holística e inclusiva.

Entretanto, a transição para a economia circular gera a princípio impactos a serem observados, analisados e redirecionados, como é o caso da gentrificação das cidades e dos efeitos nocivos à saúde no manuseio de substâncias tóxicas nos processos de reciclagem (GIRARD; NOCCA, 2019). Soma-se a esses, a exportação de resíduos sem nenhuma ou precária regulamentação que assegure padrões saudáveis ao meio ambiente e humano nos países receptores, acometendo principalmente os países mais pobres do planeta.

A gestão dos resíduos é um desafio mundial, pois alcança a todos direta ou indiretamente. Os habitantes em situação de vulnerabilidade são os mais afetados pelos impactos negativos do manejo de resíduos de forma inadequada. Trabalho em condições inseguras no processo de coleta e separação do lixo, incide em sérios danos à saúde, além de muitas vezes habitarem em moradias de risco, seja por deslizamento, enchentes, queimadas. O meio ambiente também paga um alto custo frequente pelo despejo de resíduos sem o devido tratamento (KAZA et al., 2018).

O consumo sem limites como sinônimo de riqueza, seguido pelo esgotamento dos recursos não renováveis geram sérios e complexos impactos ambientais e sociais (RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017).

Sachs (1986) alega que uma minoria de países industrializados e ricos consomem a maior parte dos recursos utilizados no planeta, enquanto grande parte dos países em desenvolvimento buscam se apropriar dos padrões de consumo dos países desenvolvidos, sobrecarregando todo o ecossistema.

Nesse sentido, há uma correlação positiva entre o nível de renda e a geração *per capita* de resíduos. Estima-se que a geração de resíduos em países de baixa e média renda aumente cerca de 40%, enquanto países de alta renda seja em torno de 19% até 2050 (KAZA et al., 2018).

Ritzén e Sandström (2017) expõem que a implementação de sistemas circulares em organizações e em territórios experimentam diversas barreiras a serem consideradas desde sua concepção. As barreiras estão relacionadas a conhecimentos, atitudes, valores, estruturas, informação e tecnologias. Os principais obstáculos detectados são de ordem: (i) financeira: as mudanças requerem investimentos de médio e longo prazo, enquanto as organizações estão centradas no retorno à curto prazo, além de dúvidas quanto à rentabilidade financeira dos modelos circulares; (ii) de atitudes: a carência ou o conhecimento superficial dos conceitos e princípios da economia circular e da sustentabilidade, entendimentos diferenciados

na cadeia de valores, aversão ao risco e a falta de percepção da conexão entre negócios e sustentabilidade geram conflitos e atitudes reativas à mudança; (iii) estrutural: sistemas de informação e comunicação ineficientes e má distribuição das responsabilidades prejudicam a integração entre departamentos, níveis hierárquicos e cadeias de suprimentos, que são condições essenciais ao fluxo da economia circular; (iv) operacional: problemas na gestão da infraestrutura, da cadeia de suprimentos e das mudanças disruptivas no processo de produção podem levar ao insucesso do projeto; v) tecnológica: inovação radical e design de produtos sustentáveis são pontos valorosos ao avanço dos sistemas circulares em qualquer organização, pois não há modelos prontos. Cada organização ou território deve considerar sua territorialidade, alinhar os valores culturais aos princípios da economia circular e ao desenvolvimento sustentável. Em suma, como a economia circular funciona em circuitos fechados, o comprometimento de todas as partes envolvidas (*stakeholders*) são fundamentais ao sucesso da instalação de sistemas circulares.

Williams (2019b) aponta para cinco desafios de ações e recursos a serem observados na instalação da economia circular em um território a fim de maximizar os resultados esperados: (i) apoio político aos sistemas e negócios circulares, dando a devida prioridade na agenda política, fornecendo, por exemplo, espaços físicos destinados ao uso de atividades que envolvam a economia circular (ii) estrutura regulatória que suporte as mudanças e evite conflitos; (iii) padronização no processamento de recursos reciclados, reutilizados e recuperados, em especial às questões da saúde e segurança; (iv) capacidade institucional e (v) base de dados; no qual instituições novas ou adaptadas consigam coletar, analisar e monitorar dados que subsidiem as partes envolvidas na tomada de decisões para a melhoria dos processos circulares. Essa autora acrescenta que é importante analisar e tornar claro a viabilidade financeira dos negócios circulares, assim como é fundamental que a infraestrutura disponível seja flexível e adaptável ao longo do tempo.

Uma das questões importantes para minimizar as barreiras enfrentadas no processo de transição e maximizar os resultados esperados da economia circular é conscientizar o consumidor sobre os benefícios da economia circular. A maioria dos consumidores não tem o entendimento sobre os conceitos e princípios dos sistemas circulares, embora conheçam algumas das associações como as relacionadas aos produtos, produção de alimentos, aspectos econômicos e os riscos envolvidos. É necessário atuar na percepção das pessoas quanto ao modelo de economia circular,

trabalhando no sentido de motivá-las na direção certa, mudando seu próprio comportamento de consumo e permitindo que participem em inovações, por meio da cocriarão (SIJTSEMA et al., 2019).

Nessa perspectiva, países estão em menor ou maior grau comprometidos em formatar políticas públicas que acelerem a conscientização do consumidor por produtos e serviços mais sustentáveis, mas também por uma produção responsável com o meio ambiente e social em uma transição para a economia circular.

A União Europeia (UE) adotou em 2015 um conjunto de políticas públicas voltadas a economia circular e alinhadas aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável, com o propósito de realizar a transição da economia linear para a economia circular. As políticas abrangem o ciclo de vida dos produtos, produção e consumo, gestão de resíduos e matérias primas secundárias. Em março de 2020, foi adotado um novo plano de ação para a economia circular, no qual são intensificadas políticas que alonguem a vida útil dos produtos, promovam o consumo sustentável e agreguem valor ao ciclo produtivo. O monitoramento dos indicadores de desempenho é realizado pela Eurostat[1], através de dez indicadores agrupados em quatro temas: (i) produção e consumo, que monitora a autossuficiência de matérias primas, compras públicas sustentáveis, geração de resíduo e desperdício de comida; (ii) gestão de resíduo, no qual são monitorados taxas de reciclagem e fluxos de resíduos específicos como embalagens e lixo eletrônico; (iii) matérias primas secundárias, onde são analisadas a utilização de materiais reciclados e a evolução do mercado de reciclagem; (iv) competitividade e inovação, que acompanha os investimentos privados, empregos e patentes (EUROPEAN COMMISSION, 2020, *online*).

De acordo com dados da Eurostat (2020*, online*), a reciclagem de resíduos urbanos passou de 27,3% (2000) para 47,5% (2018), sendo que a Alemanha lidera com 67,3% (2018). As exportações de matérias primas recicláveis da UE para outros países totalizaram 25,5 milhões de toneladas (2019), que representam um aumento de 61% (15,8 milhões de toneladas) em relação à 2004. A quantidade de resíduos municipais gerados por habitante reduziu de 518 kg por pessoa (2008) para 492 kg (2018). A taxa de reciclagem de embalagens plásticas aumentou de 24% (2005) para 42% em 2017. Entre 2012 e 2018, o número de empregos ligados à economia circular

[1] Órgão que realiza os serviços de estatística da União Europeia.

na UE cresceu 5%, atingindo cerca de 4 milhões. As emissões de gases de efeito estufa caíram 42% entre 1995 e 2017.

Em adição, a partir de 2021, os países da União Europeia estarão proibidos de fazer uso de uma série de utensílios plásticos descartáveis como pratos, talheres, copos, canudos e até mesmo cotonetes. Novas medidas estão em análise pelo parlamento europeu como a redução do uso de embalagens, principalmente nas entregas a domicílio, regulamentar a maior durabilidade do uso de baterias e incluir o direito ao reparo ao consumidor, levando as empresas a produzirem produtos de maior tempo de uso e educando o consumidor a permanecer mais tempo com o produto (EUROPEAN COMMISSION, 2020, *online*).

Nessa linha, a Cidade do México, com mais de 12 milhões de habitantes, com uma área metropolitana que chega à 21 milhões de habitantes e gera 13 mil toneladas de resíduo por dia adotou a proibição do uso de sacolas plásticas em janeiro de 2020. A intenção é banir os plásticos descartáveis até 2021. Nos Estados Unidos, Los Angeles e Nova Iorque também anunciaram a proibição para o ano de 2020 (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2020, *online*).

O plástico, aliado do crescimento econômico mundial, também é um dos grandes desafios planetários ao desenvolvimento sustentável. Estima-se que são consumidas cerca de 10 milhões de sacolas plásticas a cada minuto no mundo (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2020, *online*). Em 2016, foram gerados 242 milhões de toneladas de resíduos plásticos, que corresponde à 12% dos resíduos sólidos municipais. A produção e consumo de produtos plásticos está destruindo a vida na água e compromete a gestão dos resíduos, dado a sua durabilidade no meio ambiente (KAZA et al., 2018).

A China, que também passou a adotar políticas de investimento alinhadas aos preceitos da economia circular atua, por exemplo, na transição para sistemas de mobilidade elétrica na cidade de Shenzen. A metrópole de mais de 12,5 milhões de habitantes se tornou em 2017, a primeira cidade do mundo a ter a frota de ônibus totalmente elétricos a fim de reduzir a poluição do ar e sonora. À época, estimava-se que 20% da poluição do ar da cidade advinha de veículos movidos a combustíveis. A transição patrocinada pelo governo nacional e municipal desencadeou uma série de investimentos diretos e indiretos à cadeia produtiva, para a produção dos veículos e da geração de energia renovável. O resultado positivo da cidade piloto estende-se a

outras cidades da China e serve de exemplo para outros países (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020, *online*).

No Brasil, segundo a Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2020, *online*), 76,5% das indústrias brasileiras já desenvolvem ações alinhadas à economia circular, mas apenas 30% das empresas relacionam as ações ao tema. Entre as práticas mais citadas estão a otimização dos processos, insumos circulares, recuperação de recursos, extensão da vida do produto, consumo ou uso do produto como serviço, virtualização e compartilhamento.

Modelos circulares brasileiros estão surgindo do relacionamento entre as partes envolvidas (*stakeholders*) da cadeia produtiva, assim como da academia e de organizações não governamentais (ONGs), que firmam acordos setoriais com as esferas governamentais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020, *online*), alinhados ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituído pela Lei nº 12.305/10. O PNRS tem por objetivo regular os aspectos econômicos, sociais e ambientais relacionados ao manejo dos resíduos sólidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020, *online*).

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), com mais de 400 empresas associadas e em parceria com a gestora de logística reversa de eletrônicos Green Eletron está implantando 5051 pontos de entrega em 400 municípios para realizar a logística reversa de 17% dos eletroeletrônicos inseridos no mercado nacional até 2025. Essa meta faz parte do acordo setorial firmado junto ao Ministério do Meio Ambiente em 31/10/2019. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2020, *online*).

Constata-se pelas experiências empíricas mesmo nos exemplos onde não há a adoção completa dos conceitos e princípios da economia circular, medidas como restrição ao uso de utensílios plásticos descartáveis, uso de energias renováveis, reparo, reciclagem e remanufatura de matérias contribuem para a preservação dos recursos naturais, agem no aculturamento da sociedade para padrões de consumo e produção sustentáveis e na transição da economia para sistemas circulares, encadeando novas oportunidades de geração de renda e novos mercados.

Ainda assim, os estudos realizados dos modelos econômicos circulares demonstram que esses estão centrados principalmente em aspectos técnicos como a maximização do uso de materiais e energia, uso de energias renováveis e agregação de valor aos resíduos da cadeia produtiva (SCHROEDER; ANGGRAENI;

WEBER, 2019). Alguns aspectos sociais permanecem excluídos da economia circular (PRENDEVILLE; CHERIM; BOCKEN, 2018). Modelos de negócios com maior orientação social, como ética no comércio, educação ambiental para o consumo e produção responsável não são até o momento elementos fundamentais vistos nos modelos circulares existentes (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019). Uma cidade circular não deve se basear somente na gestão dos fluxos de recursos e resíduos, e sim inserir o bem-estar dos seus habitantes no centro de suas decisões estratégicas. O bem-estar não se resume à prosperidade econômica, mas também às necessidades básicas de saúde, educação, qualidade de vida, direitos humanos assegurados e coesão social (GIRARD; NOCCA, 2019).

Reconhece-se que apesar de algumas práticas de economia circular estejam comprometidas com o desenvolvimento sustentável de todo ecossistema que habita e se relaciona, a economia circular é incipiente nos discursos de desenvolvimento sustentável (SCHROEDER; ANGGRAENI; WEBER, 2019).

O modelo de economia circular tem o potencial para viabilizar o desenvolvimento sustentável do planeta, pois busca alinhar seus processos ao ciclo da natureza em seus devidos tempos. Porém, percebe-se que a dimensão humana está praticamente ausente das estratégias centrais dos exemplos existentes, diferentemente dos temas de resíduos e energia. Se os processos circulares continuarem a ser projetados e implantados sem considerar o ser humano no centro das decisões, os resultados podem não conduzir ao desenvolvimento territorial sustentável. A economia circular precisa ser mais inclusiva e igualitária ao ser humano, senão incorrerá nas mesmas lacunas deixadas pela economia linear (GIRARD; NOCCA, 2019).

Para tal, os investimentos público-privados, a regulamentação e cooperação de governos nacionais e regionais, bem como o planejamento urbano das cidades exercem papel fundamental em propiciar um ambiente favorável à implantação de práticas e modelos de negócios circulares.

O planejamento urbano deve investir em um modelo de cidade que se regenere e avance com os erros e os acertos, através de uma visão holística que interligue as dimensões econômicas, sociais e ambientais, urbano e rural, cidade e região (GIRARD; NOCCA, 2019).

As gestões públicas participativas dispõem de habilidades para ser o agente catalizador de ideias inovadoras e apaziguador de conflitos entre as partes envolvidas

no desenvolvimento sustentável de um território, conduzindo a formatação de um conjunto de políticas públicas que estejam alinhadas para a transição da economia linear para a economia circular, que invistam nas necessidades humanas, de forma inclusiva e igualitária, que perpassem um plano de governo e constituam um programa de Estado.

2.3 Políticas públicas e a economia circular

A natureza das análises políticas provém de diversas áreas do conhecimento científico como sociologia, psicologia e filosofia, pois os problemas da sociedade são complexos, multifacetados e há diferentes soluções de como resolvê-las (KRAFT; FURLONG, 2010). Esses autores estabelecem cinco etapas analíticas ou estágios para a tomada de decisão de uma política pública, que pode ser por uma tomada de decisão racional, na qual diagnostica-se o problema, aponta-se alternativas e escolhe-se a mais apropriada ou; pelo modelo de decisão incremental, no qual se acrescenta ou se altera algo em políticas existentes.

Para abordar as etapas analíticas, Kraft e Furlong (2010) indicam questionamentos que levam ao entendimento das cinco etapas: (i) definir e analisar o problema: Qual é o problema enfrentado? Onde ele existe? Quem ou o que é afetado? Como isso se desenvolveu? Quais são as principais causas? Como as causas podem ser afetadas pela ação política? (ii) construindo alternativas políticas: Quais opções de políticas que podem ser consideradas para lidar com os problemas? A criatividade e as parcerias público-privadas são importantes nesta fase. (iii) escolha dos critérios: Quais são os critérios mais adequados para o problema e as alternativas? Quais são os custos da ação? Quais serão os custos se nenhuma ação for tomada? Qual é a provável eficácia, viabilidade social e política ou equidade? (iv) avaliando as alternativas: Quais alternativas são melhores que outras? Que tipo de análise pode ajudar a distinguir melhores e piores alternativas de política? A evidência está disponível? Se não, como pode ser produzida? (v) desenhando as conclusões: Qual opção de política é a mais desejável, dadas as circunstâncias e os critérios de avaliação? Quais outros fatores devem ser considerados?

Dye (2011) descreve o processo das políticas públicas em seis fases que incluem as atividades entre os atores envolvidos: (i) identificação dos problemas: consiste em identificar os problemas presentes na sociedade e que necessitam de

ações do governo. A mídia, o interesse de grupos, a elite, o presidente, os congressistas e a opinião pública influenciam diretamente na percepção dos problemas, que podem variar de acordo com as circunstâncias em que se apresentam. Exemplificando, questões relacionadas à pandemia do COVID -19 e à saúde pública se tornaram mais relevantes em dado momento do que as questões ambientais relacionadas às mudanças climáticas; (ii) agenda: nessa etapa é decidido o que realmente será tratado e encaminhado pelo governo. As elites, os congressistas e o presidente é que atuam diretamente na priorização, mas sofrem influência na sua decisão, da mídia de massa, da opinião pública, dos interesses de grupos, dos financiadores das campanhas, dos próprios congressistas e de seus staffs; (iii) formulação das políticas: a formatação da proposta é elaborada por comitês, comissões, especialistas, organizações (*thinks thanks*) e pelos *staffs* dos congressistas, que a priori tem a função de realizar a leitura do que a sociedade espera e quais serão os impactos, mas procuram estar alinhados aos grupos de interesse. Nos Estados Unidos, por exemplo, as universidades e fundos de pesquisa atuam na elaboração das políticas públicas com o conhecimento de suas pesquisas; (iv) legalização: consiste na legitimação da proposta, na qual o congresso atua como principal instrumento da legalização das políticas, mas não é o único participante. Os interesses dos grupos estão presentes tanto na formulação quanto na sua legalização. (v) implementação: a burocracia e os interesses também avançam na fase da implementação das políticas. As agências reguladoras, os grupos de interesse e os congressistas usam suas influências para acelerar ou travar o processo; (vi) avaliação: o modelo de políticas públicas propõem que ao final seja feito a avaliação do processo, em que os congressistas, o presidente, os grupos de interesse, os burocratas, a mídia, os *think thanks* avaliem se os objetivos foram atingidos, com que custos, os efeitos e impactos na sociedade.

A origem de um estudo de análise política surge em diferentes atores: na sociedade, nas organizações políticas, de ensino, de pesquisa e sua tipologia pode ser classificada em três categorias: (i) científica: não levam em consideração a influência política. O interesse reside em entender e clarificar à sociedade as causas e efeitos do porquê traçar políticas públicas. Exemplo: causas e efeitos das mudanças climáticas. (ii) profissional: analisa as alternativas políticas para resolver problemas públicos. Nessa categoria se estuda as políticas públicas por razões profissionais. Exemplo: para produzir análises de políticas para agências governamentais, grupos

de reflexão ou grupos de interesse. (iii) político: defendem e apoiam as políticas preferidas, utilizam argumentos legais, econômicos e políticos para manter suas posições de valor e que vão de encontro aos seus objetivos (KRAFT; FURLONG, 2010).

Dye (2011) ressalta que são muitas as propostas de políticas que se iniciam, mas somente 10% delas se tornam leis. O sucesso da aprovação das leis depende também de como está formado o congresso de quais partidos que tem mais corpo e força parlamentar.

Toda análise política é parcial e limitada, inerente a capacidade de abrangência e entendimento dos atores envolvidos no processo. Cientistas, profissionais e políticos podem ter diferentes abordagens para o mesmo problema da sociedade. Não há uma única maneira de conduzir um estudo de política ou um conjunto de métodos ou ferramentas a serem usados, independentemente de a pesquisa política ser de natureza científica, profissional ou política. Os analistas enfrentam escolhas importantes sobre o tipo de avaliação necessária para cada estudo e quais abordagens usar. Estas escolhas envolvem em lidar com causas raiz ou fazer ajustes pragmáticos; realizar análises abrangentes ou de relevância de política de curto prazo, optar por uma análise consensual ou contábil, estabelecer a análise racional ou baseada na política democrática (KRAFT; FURLONG, 2010).

Lopes (2016) enfatiza que é imperativo ao desenvolvimento sustentável construir bases conceituais técnicas e institucionais para ações integradas entre as instâncias governamentais e as escalas territoriais envolvidas no processo da formulação da política pública. As integrações necessárias são de ordem: (i) intersetorial, que envolve diversos eixos temáticos refletidos nas diversas unidades de governo; (ii) federativa e territorial, que se refere às verticalidades e territorialidades de relações entre as esferas e jurisdições territoriais de governo; (iii) integração global/internacional, são as interações com organismos, fóruns, agências e entre governos nacionais no âmbito global e internacional. A integração de políticas públicas se realiza por meio de instâncias, canais, arenas, palcos onde atores chave atuam com mandato institucional e/ou legitimidade para deliberar nos processos das políticas públicas. Os instrumentos da integração de políticas públicas variam conforme a natureza do assunto a tratar e da esfera de atuação de cada instância ou ator. Os instrumentos de integração são as políticas, planos, programas, projetos, ações e atividades referentes à competência do ente federado; peças orçamentárias e fundos

públicos da esfera de governo em questão; colegiados, comissões, conselhos, grupos de trabalho, consórcios públicos e outros arranjos cooperativos intergovernamentais, tratados e acordos internacionais, referentes à diplomacia.

Segundo Furtado (1998), com a participação cada vez mais ativa da sociedade organizada nos núcleos de poder, o Estado nacional passou a salvaguardar os interesses coletivos, entre eles, a geração de renda à população e a proteção do mercado interno. Porém, com a abertura e globalização dos mercados, com ambientes em constante transformação, o papel do Estado se tornou mais complexo.

O Estado tem um papel estratégico na conservação da unidade física e cultural, como também lhe cabe o papel integrador e educador coordenando ações e interesses na construção nacional que beneficie a sociedade e ampare o mercado interno (FURTADO, 1998; DE JESUS et al., 2019).

O desenvolvimento e implementação de planos nacionais são de responsabilidade do Estado, de tal forma que possam ser adequados ao nível local, integrando os diversos atores públicos e privados, facilitando cooperações e parcerias (SILVA et al., 2017; DDIBA et al., 2020). A colaboração e a visão compartilhada entre as partes interessadas são fundamentais para o sucesso dos planos nacionais (DESPEISSE et al., 2015; DDIBA et al., 2020).

Mazzucato (2011, 2015) defende o papel do Estado empreendedor na criação, no desenvolvimento e nas transições de mercados. Essa autora ressalta a ação do Estado para além da atuação nas crises de mercado, como o auxílio na crise financeira de 2008 e na pandemia do COVID-19. Os governos atuam proativamente, mesmo que rotulados de burocráticos e lentos, corrigindo as falhas de mercado e prospectando em áreas consideradas de risco pelo setor privado. Inovações na tecnologia da informação, nanotecnologia, biotecnologia e tecnologias verdes, como as energias renováveis, possuem grandes investimentos públicos em parcerias público-privadas. Governos como da Alemanha tem concentrado esforços na transição da energia nuclear para energias renováveis aplicando recursos públicos em pesquisa básica e aplicada. O governo central da China atua diretamente na transição das cadeias produtivas para energias mais limpas.

O Estado em consonância com a sociedade tem o potencial para promover a formatação de políticas públicas que visem a mudança em padrões de produção e consumo, tornando-as mais sustentáveis. Sachs (1986, p. 46-47) pondera que é

preciso planejar para desenvolver uma região e que “[...] o planejamento do desenvolvimento envolve a elaboração de políticas no intuito de moldar ou, pelo menos, influenciar a ação do homem em relação à natureza e a si mesmo, no processo de utilização do meio natural.” Esse autor ressalta que as experiências dos modelos de desenvolvimento servem de teoria e de comparação aos planejadores, mas não para serem copiados.

Os planos nacionais são valorosos para integrar às ações locais e compartilhar recursos limitados à uma região. O desenvolvimento acontece onde vivem as pessoas e, portanto, não podem ser estabelecidos de cima para baixo e centralizados, A participação do povo é primordial no planejamento do desenvolvimento, mesmo considerando o tempo e os altos custos que o processo participativo envolve, mas necessários ao amadurecimento da sociedade local (SACHS, 1986; SILVA et al., 2017). Sachs (1986) defende a cooperação entre regiões com características semelhantes, que promovam a participação da sociedade na elaboração dos planejamentos e formatação das políticas públicas, pois é preciso respeitar a territorialidade local.

Atualmente, o aumento da população, da urbanização, da produção, da demanda por matérias primas e geração de resíduos, que se somam à instabilidade dos preços das *commodities* sinalizam que é preciso repensar o modelo econômico linear para a economia circular enquanto estratégia de desenvolvimento de países e regiões. Nesse cenário, políticas públicas que visem ajustes nos tributos, isenções e subsídios, assim como a mobilização da sociedade podem promover mudanças no sistema de produção e reorganizar a cadeia de valor alinhados aos princípios da economia circular de reduzir, reutilizar e reciclar (DA SILVA, 2018).

Sachs (1986) defende que é necessário redefinir as bases de recursos para a produção, privilegiando o uso de recursos renováveis, bem como realizar escolhas de técnicas apropriadas ao meio social e ambiental considerados. Esse autor argumenta que é dever do Estado promover mudanças culturais que incorporem medidas ecologicamente saudáveis entre o crescimento econômico e o progresso social. Cabe ao Estado traçar estratégias que busquem harmonizar os interesses econômicos, sociais, culturais e ecológicos do local, atuando em quatro grupos de variáveis: (i) energia, (ii) uso do espaço; (iii) recursos e (iv) tecnologia.

Políticas públicas adequadas ao local tem o potencial para estimular a criação e o desenvolvimento de sistemas de inovação nas mais diversas áreas da cadeia

produtiva, que podem promover a transição dos modelos lineares de produção para sistemas circulares (SILVA et al., 2017). A transição e a consolidação da economia circular dependem de inovações em todas as fases do ciclo da cadeia produtiva.

O Estado desempenha papel empreendedor em promover sistemas de inovação nacionais, que são fundamentais na revolução das tecnologias da informação e são essenciais na revolução para tecnologias verdes, pois investe em áreas de risco de retorno, nas quais o setor privado raramente explora (MAZZUCATO, 2011, 2015). O patrocínio de mudanças tanto no setor produtivo como na sociedade é vital para a transição da economia linear para a circular e tendem a obter melhores resultados quando instituídas por parcerias público-privada-sociedade. Para tal é necessário que representantes dos diversos atores da sociedade participem ativamente na formulação de políticas públicas.

Sachs (1986) argumenta que o planejamento das regiões deve incorporar perspectivas de curto e longo prazo em amplo debate e negociação entre políticos, economistas, planejadores e a sociedade. Da Silva (2018) ressalta que um novo ciclo de desenvolvimento requer uma nova forma de pensar e entender como ocorrem as interações na sociedade. Decisões tomadas ou a falta delas influenciará o futuro da sociedade. O Estado e as políticas públicas têm a função de fomentar a discussão e aplicar ações que viabilizem as mudanças necessárias.

Um planejamento de desenvolvimento deve contemplar estudos sobre a cultura local e como os povos lidam com os temas em questão, bem como deve considerar quatro grupos de variáveis: (i) delinear e regular o uso do espaço territorial, pois o espaço é limitado e contem peculiaridades a serem consideradas no seu manejo e conservação; (ii) energia, as escolhas das energias a serem utilizadas, priorizando as renováveis; (iii) gestão dos recursos, que foquem em ações de reciclagem, reutilização e eliminação dos desperdícios; (iv) tecnologia, na qual se escolhem quais tecnologias serão utilizadas e que se adaptam ao meio e a cultura da sociedade (SACHS, 1986).

A gestão dos resíduos sólidos vem sendo uma das primeiras estratégias dos governos para atuarem no manejo adequado dos resíduos, mas também para inserir políticas de reciclagem e reutilização de materiais enquanto recursos na cadeia produtiva. A gestão dos resíduos sólidos impacta positivamente no âmbito social e econômico da região, pois otimiza os recursos públicos e melhora a qualidade de vida da população, sobretudo em áreas nas quais o descarte não era efetuado de forma

adequada (DA SILVA, 2018). Em países e cidades com alta densidade populacional e restrições de aterros, ações para prevenir a geração de resíduos, remanufatura e reciclagem ganham mais atenção das partes envolvidas na cadeia de valor (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

A responsabilidade compartilhada governo, produtor e consumidor é outra medida importante para a redução dos resíduos e descarte nos aterros. A logística reversa é um meio para implementar a responsabilidade produtor-consumidor, no qual os materiais são devolvidos aos fabricantes para o reuso, reciclagem ou descarte adequado. Acordos setoriais e ajustes de tributação impulsionam o mercado de materiais secundários e contribuem para a inserção de sistemas circulares nas cadeias produtivas (GOYAL; ESPOSITO; KAPOOR, 2018; SILVA; CAPANEMA, 2019; NASCIMENTO et al., 2019; OGUNMAKINDE, 2019).

Do total de resíduos globais gerados, somente 13,5% são reciclados (KAZA et al., 2018), o que demonstra que investir em reciclagem é uma estratégia relevante na gestão de resíduos, que passa por ações em programas de educação ambiental à sociedade. O custo da reciclagem é sempre menor que o custo do descarte e quanto mais materiais forem reciclados, menor será o descarte em aterros e lixões, reduzindo os custos da gestão dos resíduos (DA SILVA, 2018).

Apesar da reciclagem ser mais lucrativa no mercado de metais, políticas de reciclagem de resíduos, redução de descarte em aterros e maximização da eficiência dos recursos são estratégias de curto prazo importantes à transição para a economia circular (WANG et al., 2020). Contudo, o processo de reciclagem deve garantir materiais secundários de boa qualidade, capazes de substituir os materiais primários no retorno à cadeia produtiva (MILIOS, 2018). Da Silva (2018) acrescenta que quanto menor for o desperdício de materiais, menor será a quantidade de resíduos a serem tratados e, portanto, menor será o custo da gestão dos resíduos, além da preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida.

No entanto, para reduzir o fluxo de resíduos são necessárias estratégias de médio prazo (10 a 20 anos), com ajustes estruturais que conduzam ao redesenho de materiais, produtos e processos, nos quais se utilizem uma quantidade menor de recursos, atendam às necessidades da sociedade e gerem a menor quantidade possível de resíduos, com o menor impacto ao meio natural (WANG et al., 2020). Esses autores justificam que estratégias de médio prazo, reestruturando os sistemas de produção e consumo, levam à benefícios econômicos maiores do que as

estratégias de curto prazo, pois geram entre outros, oportunidades de renda nas economias bio, digital e circular, contribuindo na melhoria do padrão de vida da sociedade.

Desta forma, se faz necessário um conjunto de estratégias e políticas públicas que organizem a cadeia de valor dos sistemas de produção, que incorporem políticas regulatórias, industriais, de inovação, ambientais, e que tenham a participação social na base da formatação de estratégias e políticas (DA SILVA, 2018). A transição para a economia circular requer estratégias e políticas públicas de visão de ciclo de vida com perspectivas holísticas adequadas ao local (HARTLEY; VAN SANTEN; KIRCHHERR, 2020; DDIBA et al., 2020).

Segundo Hartley; van Santen e Kirchherr (2020), grande parte das políticas adotadas são direcionadas ao tratamento e redução de resíduos, processo produtivo, compras governamentais sustentáveis, políticas setoriais, educação ambiental, promoção e qualificação, mas pouco relacionadas entre si. Esses autores recomendam políticas que englobem as fases do ciclo de vida dos produtos: design e produção, uso e consumo, vida útil e desperdício e a circularidade dos materiais. Os produtos devem ser projetados prevendo sua reentrada na cadeia produtiva com o menor desperdício, e não focar somente na reutilização dos resíduos. Para tal, são essenciais políticas de regulamentação e de incentivos, bem como infraestrutura física e virtual, que entre outros, viabilizem a criação de parques eco-industriais e o desenvolvimento de plataformas físicas e virtuais de negociação de modelos econômicos circulares. Os governos de cada país devem estar comprometidos com metas de curto, médio e longo prazo para a transição da economia linear à circular.

2.3.1 Políticas públicas de transição para a economia circular

A economia circular surge na literatura basicamente através dos princípios dos 3Rs de reduzir, reutilizar e reciclar (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). As primeiras políticas públicas para a economia circular rastreadas como estratégia nacional para o desenvolvimento nacional ocorreram na Alemanha e no Japão nas décadas de 1980 e 1990, que influenciaram a China a adotar os princípios da economia circular como estratégia de desenvolvimento, proporcionando crescimento econômico com impactos ambientais reduzidos. Em paralelo, a pressão dos danos

ambientais do consumo dos países europeus conduz a União Europeia a adotar medidas alinhadas à produção e consumo sustentáveis (MILIOS, 2018). Para fins dessa fundamentação teórica são abordados os casos do Japão, União Europeia e China, que estão em processos mais avançados de transição para a economia circular e servem de base para a aplicação por outros países.

O Japão adotou a estratégia dos 3Rs – reduzir, reutilizar e reciclar como base para introduzir os princípios da economia circular em todos os níveis de produção e consumo (LIU et al., 2021; MILIOS, 2018). Nesse contexto, a estratégia de reduzir se amplia para além da redução dos resíduos nos processos produtivos e alcança as diferentes formas de consumo e uso. Com sistemas de reciclagem amadurecidos, estes se tornam um meio de interligar a economia circular ao meio ambiente e aos aspectos sociais (LIU et al., 2021; MANICKAM; DURAISAMY, 2019).

De acordo com a Japan International Cooperation Agency (JICA, 2020, online), as políticas públicas japonesas nacionais relacionadas aos resíduos sólidos e a reciclagem podem ser classificados em quatro períodos: (i) era da lei da remoção dos resíduos (1900-1954); (ii) era da lei da limpeza pública (1954-1970); (iii) era da lei da gestão de resíduos e limpeza pública (1970-); (iv) era da reciclagem (1990-). O Quadro 8 esquematiza e sintetiza as principais políticas públicas relacionadas à gestão dos resíduos, à introdução da reciclagem e dos princípios dos 3Rs para a formação de uma sociedade sustentável, enquanto estratégia nacional.

Quadro 8 - Japão: políticas relacionadas aos resíduos e reciclagem

Período	Políticas relacionadas aos resíduos e reciclagem	Objetivos
1900-1954	**Era da lei da remoção dos resíduos**	
1900	Lei de remoção de resíduos.	prevenir surtos de doenças infecciosas.
1930	Revisão da lei de remoção de resíduos.	
1954-1970	**Era da lei da limpeza pública**	
1954	Lei de limpeza pública.	gestão do aumento dos resíduos sólidos urbanos do crescimento econômico.
1970-	**Era da lei da gestão de resíduos e limpeza pública**	
1970	Lei da gestão de resíduos e limpeza pública.	controle da poluição,
1980	Revisão da lei da gestão de resíduos e limpeza pública adequando às reivindicações sociais.	higiene pública e responsabilidades ao gerador de resíduos.

1990-	Era da reciclagem	
1991	Lei da reciclagem dos resíduos.	
1992	Lei de controle de exportação, importação e outros resíduos perigosos.	redução dos resíduos, tratamento adequado aos resíduos, reciclagem dos materiais recicláveis, incentivo ao consumo de materiais secundários.
1995	Lei da reciclagem das embalagens.	
2000	Lei da reciclagem da construção civil.	
2001	Lei de incentivo à utilização otimizada de recursos naturais.	
2001	Lei da reciclagem dos eletrodomésticos.	
2001	Lei da reciclagem de alimentos.	
2002	Lei de reciclagem de automóveis.	
2012	Lei da reciclagem de microeletrônicos domésticos.	

2000-	Sociedade Sustentável - 3Rs: reduzir, reutilizar e reciclar	
2001	Lei de promoção para uma sociedade sustentável.	reduzir a utilização de recursos e proteger o meio ambiente.
2003	Programas nacionais p/ promoção da sociedade sustentável.	
2008	Revisão dos programas nacionais.	

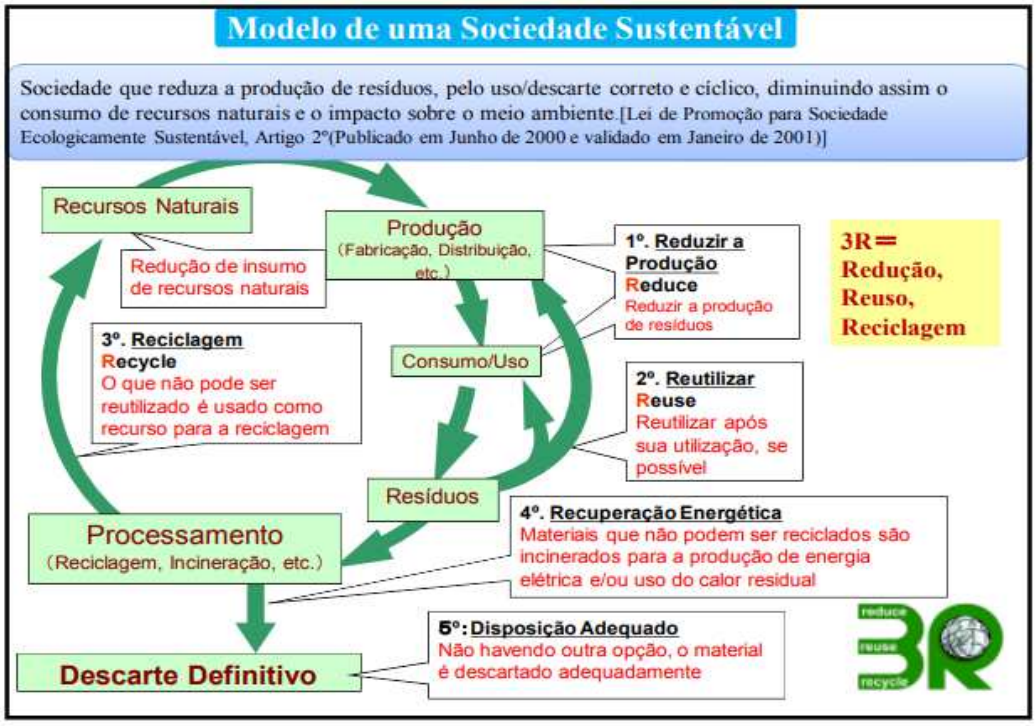
Fonte: Adaptado de JICA (2012) e Ministry of the Environment Government of Japan (2020)

Verifica-se no Quadro 8 que as políticas relacionadas às questões públicas sobre resíduos foram incorporadas pelo país na década de 1900. À princípio as medidas visavam a prevenção de doenças infecciosas, mas os destroços resultantes da segunda guerra mundial e o crescimento econômico pós-guerra exigiu do governo novas políticas públicas para tratamento dos resíduos.

As políticas para gestão dos resíduos foram instituídas no país na década de 1970 e foram atualizadas no decorrer dos anos. A Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública estabelece medidas para preservar o meio ambiente e garantir a saúde pública através de restrições ao descarte de resíduos, separação, coleta, armazenamento transporte e descartes apropriados, bem como da manutenção de ambientes limpos. A Lei de Reciclagem de Resíduos foi promulgada em 1991 e a de reciclagem de embalagens e da construção civil foram estabelecidas em 1995 e 2000 respectivamente. A Lei de Promoção do Uso Eficiente dos Recursos foi estabelecida em 2000 e teve como objetivo inserir o conceito dos 3Rs nos sistemas produtivos do país. Essa Lei determina à dez tipos de indústrias e 69 segmentos de produtos, a responsabilidade ao fabricante de introduzir ações que viabilizem a aplicação da redução, reutilização e reciclagem no processo produtivo, desde o design do produto, identificação do produto para a coleta seletiva correta e criação de estruturas para a devida coleta e reciclagem pelos próprios fabricantes. Na sequência, o Japão adotou

uma série de políticas de reciclagem voltadas à setores específicos como o de eletrodomésticos, automóveis, eletrônicos e alimentos, definindo responsabilidades às partes envolvidas, entre eles a do produtor e do consumidor. À época da promulgação da Lei de Reciclagem de Alimentos (2001) cerca de 30% dos resíduos descartados eram de alimentos e somente 10% eram reciclados. Em 2001, foi instaurada a Lei da Promoção para uma Sociedade Sustentável e em 2003 foram divulgados os planos nacionais de implementação da lei, com o objetivo de formar uma sociedade fundamentada nos conceitos dos 3Rs – reduzir, reutilizar e reciclar, princípios da economia circular (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT GOVERNMENT OF JAPAN, 2020, *online*). A Figura 13 ilustra o fluxo do processo produtivo baseado nos 3Rs – redução, reuso e reciclagem.

Figura 13 - Modelo de uma sociedade sustentável



Fonte: Japan International Cooperation Agency (JICA, 2012)

Constata-se na Figura 12 que o processo produtivo se estabelece em circuito fechado que incorporam cinco prioridades de ação: (i) reduzir os resíduos; (ii) reutilizar os produtos; (iii) reciclar todos os materiais possíveis; (iv) recuperação energética dos materiais não recicláveis; (v) descarte adequado dos resíduos (TAKIGUCHI; TAKEMOTO, 2008).

As políticas públicas associadas ao problema dos resíduos estiveram desde o início alinhadas à preocupação com a saúde pública e proteção do meio ambiente. Porém, a carência de áreas para lixões, a necessidade crescente de matérias primas cada vez mais escassas e a conscientização da sociedade quanto a responsabilidade do produtor e do consumidor no tratamento adequado dos resíduos foram decisivos para a implementação do modelo de uma sociedade sustentável, fundamentada nos princípios dos 3Rs (OGUNMAKINDE, 2019; JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 2020, *online*).

A opção japonesa de avaliação da cadeia produtiva pela análise dos fluxos dos materiais permite aos poderes políticos selecionarem prioridades de ação. A análise se concentra no monitoramento de três indicadores: (i) eficiência dos recursos; (ii) taxa de circularidade dos materiais; (iii) quantidade final de descarte (TAKIGUCHI; TAKEMOTO, 2008; SAKAI et al., 2017). Uma das prioridades são os veículos em fim de vida. Estima-se que a cada ano, são gerados mais de 3 milhões de veículos em fim de vida no Japão, enquanto na Europa são 7 milhões (DESPEISSE et al., 2015). O processo de produção de alimentos é outra prioridade nacional, pois os materiais utilizados nos processos de produção e o desperdício de alimentos impactam a saúde da sociedade e a proteção do meio ambiente, além dos danos à economia (SAKAI et al., 2017).

De acordo com a Japan International Cooperation Agency (JICA, 2012), a geração de resíduos atingiu seu ápice em 2000 com 548 milhões de toneladas ano. Após a implementação das leis de reciclagem e da lei de incentivo à utilização otimizada de recursos naturais no início dos anos 2000, o volume de produção de resíduos e de descarte final começaram a decrescer, atingindo 455 milhões de toneladas ano em 2010. No mesmo período, a quantidade de resíduos por pessoa/dia passou de 1.185 g/pessoa/dia para 976 g/pessoa/dia. Segundo Ogunmakinde (2019), em 2007, o Japão reciclou 98% dos metais e somente 5% dos resíduos de metais foram descartados em aterros. A responsabilidade produtor-consumidor levou à recuperação de 74% a 89% dos equipamentos elétricos. Contudo, Silva et al. (2017) atenta que em 2010, 93% dos resíduos sólidos urbanos foram incinerados como energia recuperada, prática que vem diminuindo face aos danos ambientais e sociais, mas que distorcem a análise comparativa de resíduos descartados.

Os princípios 3Rs foram inseridos no Japão de cima para baixo com uma estrutura legal que viabilizou a implementação da economia circular no sistema

produtivo do país e se estendeu à sociedade, alterando seu estilo de vida. O custo do reprocessamento foi incluído no custo do produto e a responsabilidade produtor-consumidor foi regulamentada. Os planos nacionais de transição concentram-se em três níveis: empresas, parques industriais e sociedade, que englobam cursos de conscientização, incentivos, disponibilização de laboratórios de reciclagem, formação de estações e mercados de reciclagem (OGUNMAKINDE, 2019).

A implantação de políticas públicas de prevenção e gestão de resíduos associadas à implementação dos 3Rs – reduzir, reutilizar e reciclar, princípios da economia circular, são etapas essenciais para a dissociação do crescimento econômico das pressões ambientais e na formação de uma sociedade sustentável (SAKAI et al., 2017; OGUNMAKINDE, 2019). “A economia circular tornou-se praticamente um estilo de vida, não sendo apenas um comportamento econômico, mas social” (OGUNMAKINDE, 2019, p.8, tradução nossa).

A União Europeia (UE) intensificou as ações relacionadas ao meio ambiente a partir dos anos de 2000. Em 2002, constituíram um programa de ação para o meio ambiente. Em 2005, definiram estratégias para a prevenção e reciclagem de resíduos e o uso sustentável dos recursos naturais. Em 2008, estabeleceram um plano de ação de políticas industriais, que englobou a relação com as matérias primas, produção e consumo mais sustentáveis. Em 2010, adotaram uma estratégia para o crescimento inteligente, inclusivo e sustentável. Em 2011, instituíram um plano de ação e roteiros para a eficiência dos recursos e investimentos na ecoinovação. Em 2013, lançaram um programa voltado ao meio ambiente: vivendo bem dentro dos limites do nosso planeta. Em 2014, introduziram o programa lixo zero para a Europa, na transição para a economia circular (MILIOS, 2018).

O marco de introdução de políticas públicas para a economia circular na União Europeia foi em 2015, com a instituição do Plano de Ação da Economia Circular da Comissão Europeia. O plano teve o propósito de delinear políticas que englobem todo o ciclo de vida dos produtos, assegurando a maximização holística dos recursos. Os modelos econômicos circulares somam 12% da economia nos países europeus, enquanto o percentual global está em 9% (HARTLEY; VAN SANTEN; KIRCHHERR, 2020).

O plano de ação europeu de 2015 para a economia circular teve como objetivo tornar a economia mais competitiva e eficiente no uso dos recursos, assim como gerar novas oportunidades de renda e se proteger da volatilidade dos preços das

commodities. O plano ressalta que os benefícios da implementação da economia circular se estendem para a recuperação e preservação do meio ambiente, integração e coesão social, direcionando esforços para o desenvolvimento sustentável. Para tal, é preciso estabelecer metas de curto e longo prazo, bem como o comprometimento contínuo de todas as esferas governamentais dos países membros e dos seus *stakeholders*.

O COM/2015/0614 - *Closing the loop: An EU action plan for the Circular Economy* (Fechando o ciclo - Um plano de ação da UE para a economia circular) está alinhado aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e busca promover a mudança sistêmica para a economia circular através de sete estratégias de ações regulamentadas por políticas públicas (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Repo et al. (2018) expõem que as estratégias políticas na UE de transição para a economia circularem definidas em 2015 estão centradas em cinco áreas prioritárias: (i) resíduo como recurso; (ii) gestão de resíduos; (iii) bioeconomia; (iv) ecodesign e uso eficiente de recursos e (v) instrumentos financeiros.

O Quadro 9 sintetiza as estratégias do COM/2015/0614 - *Closing the loop: An EU action plan for the Circular Economy* (Fechando o ciclo - Um plano de ação da UE para a economia circular). Verifica-se e de acordo com a European Commission (2015), as estratégias planificadas se relacionam a cada fase da cadeia de valor, da produção ao consumo, reparo e remanufatura, gerenciamento dos resíduos e matérias primas secundárias, atribuindo responsabilidades ao produtor e ao consumidor, promovendo a inovação e melhorias na regulamentação, através de políticas públicas adequadas que viabilizem a implementação da economia circular.

Quadro 9 - Closing the loop: UE (2015)

***Closing the loop* - EU (2015).**	1**. Produção**: melhorar o *design* do produto, tornando-os mais duráveis, fáceis de reparar e remanufaturar, uso sustentável dos recursos em amplitude global, processos produtivos inovadores e redução dos resíduos gerados.
	2. **Consumo**: facilitar o acesso das informações dos produtos aos consumidores conduzindo-os ao consumo sustentável e redução do lixo doméstico, por meio de campanhas de conscientização e incentivos econômicos. Reavaliar a garantia dos produtos e viabilizar a reutilização dos produtos. Tornar os preços competitivos no mercado, regulando a tributação. Incentivar formas inovadoras de consumo de compartilhamento de produtos e infraestruturas. Gerenciar os contratos públicos para compras ecológicas.
	3. **Gestão de resíduos**: alavancar os níveis de reciclagem e reduzir os aterros, restringir novos aterros e coibir o transporte ilegal de resíduos entre estados-membros. Possibilitar melhorias nos sistemas de coleta para reciclagem, atribuindo responsabilidades aos produtores. Hierarquizar a gestão de resíduos pela prevenção, preparação para reutilização, reciclagem, recuperação de energia até o descarte. Em média, 40% do lixo doméstico da União Europeia é reciclado, variando entre 80% a 5% entre os países membros.
	4**. Desperdício de recursos**: impulsionar o mercado de matérias primas secundárias entre os Estados membros e a reutilização da água, normatizando os níveis de qualidade para sua reutilização. Regulamentar os produtos orgânicos fertilizantes a base de resíduos e reavaliar a legislação do uso de produtos químicos em benefício à saúde da população.
	5**. Áreas prioritárias de atuação**: (i) plásticos – recicláveis e biodegradáveis, pois só 25% dos resíduos plásticos são reciclados e 50% vão para aterros sanitários; (ii) desperdício de comida – ângulo social na doação de alimentos ainda comestíveis, reduzindo o desperdício pela metade até 2030; (iii) matérias primas críticas - aumentar a reciclagem do lixo eletrônico, investindo em pesquisa e desenvolvimento para melhorar a reutilização e reciclagem; (iv) construção e demolição – fomentar melhorias na reutilização dos materiais e nos projetos, prevenindo impactos ambientais e garantindo maior durabilidade; (v) biomassa e produtos de base biológicos – estimular o uso de produtos de base biológica, de recursos renováveis.
	6**. Inovação, investimentos e outras medidas horizontais**: a mudança sistêmica para a economia circular requer novas habilidades e novas formas de processos produtivos, que requer diálogo com a sociedade, educação e treinamento, assim como incentivos financeiros às empresas, sobretudo as sociais, que atuam mais diretamente na reciclagem, reutilização e inovação. Para tal, os fundos e bancos de desenvolvimento europeus atuaram no suporte financeiro. Foram previstos cerca de 650 milhões de euros em pesquisa para o desenvolvimento de sistemas circulares.
	7. **Monitorar o progresso em direção a economia circular**: formatar um conjunto de indicadores de desempenho simples e acessíveis a serem monitorados pela Eurostat.

Fonte: Adaptado de European Commission COM/2015/0614 (2015)

De acordo com os objetivos do plano da UE, países como Alemanha, França, Itália, Portugal, Eslovênia, Holanda, Escócia e Finlândia estão desenvolvendo e implementando planos nacionais para a economia circular adequados à sua realidade local (AVDIUSHCHENKO; ZAJĄC, 2019).

Milios (2018), Repo et al. (2018) argumentam que as intervenções políticas obtiveram maiores resultados na melhoria do *design* dos produtos e no fim da vida útil dos produtos, com a hierarquização do gerenciamento dos resíduos, enquanto nos sistemas de produção e especialmente do consumo individual carecem de maiores mediações políticas.

Entretanto, Milios (2018) reconhece que as medidas já aplicadas em toda cadeia de valor trouxeram resultados positivos, mas sugere a concentração de políticas em três áreas: (i) políticas de reutilização, reparo e remanufatura; (ii) contratos públicos ecológicos e contratos de inovação; e (iii) políticas para melhorar os mercados de materiais secundários, que contribuirão para o fechamento dos circuitos dos materiais e a maximização da eficiência do uso dos recursos, cada vez mais escassos. Repo et al. (2018) alegam que os cidadãos integram a economia circular, mas não têm função elevada nas políticas relacionadas nos países europeus. "[...] as políticas europeias de economia circular devem cada vez mais se conectar a questões de energia e clima, bem como a tópicos sociais, se quiserem construir congruência entre o cidadão e o entendimento das políticas [...]" (REPO et al., p.249, 2018, tradução nossa), visando o entendimento e concordância com os princípios e conceitos circulares.

Em 11 de dezembro de 2019, seguindo a base dos trabalhos do plano *Closing the loop* (2015), a European Commission lançou o *European Green Deal Circular Economy Action Plan*, traduzido como Pacto Ecológico Europeu. O plano prevê um conjunto de políticas públicas de transição para a economia circular aplicáveis à União Europeia, dissociando o crescimento econômico da utilização de recursos naturais, alcançando a neutralidade climática até 2050 e freando a perda da biodiversidade (EUROPEAN COMMISSION, 2020, *online*). De acordo com essa instituição, cerca de 90% da redução da biodiversidade, 50% das emissões dos gases do efeito estufa e a escassez hídrica são resultantes do processo de extração de recursos naturais e dos sistemas produtivos lineares. Com uma economia majoritariamente linear, somente 12% dos materiais são reintroduzidos no processo produtivo. Por outro lado, a economia circular pode conduzir os países e regiões ao crescimento do Produto

Interno Bruto (PIB) e da geração de renda. Estima-se que a transição na Europa pode aumentar o PIB em 0,5% e gerar 700.000 novas oportunidade de renda até 2030.

O *Green Deal Circular Economy Action Plan* – 2020 estabelece medidas ao longo de todo o ciclo de vida do produto, tornando a economia mais competitiva e protegendo o meio natural, disponibilizando novos direitos aos consumidores e integrando a participação efetiva de todas as partes envolvidas. Para tal, sistemas de inovação e tecnologias digitais desempenham papel fundamental na transição para a economia verde, viabilizando e agilizando processos, bem como suporte financeiro e técnico no auxílio de pessoas, empresas e regiões (EUROPEAN COMMISSION, 2020, online). O Quadro 10 sintetiza as principais estratégias e políticas públicas do plano.

Quadro 10 - Green deal circular economy action plan: EU (2020)

Green Deal Circular Economy Action Plan – **EU (2020)**	**Produtos sustentáveis**: Legislação que priorize a disponibilização de produtos sustentáveis no mercado, com facilidade de reutilização, reparo e recclagem, feitos para permanecer mais tempo em uso. A destruição de produtos não comercializados será proibida e impostas restrições aos produtos de utilização única.
	Capacitar os consumidores: Disponibilização de informações sobre a durabilidade e reparabilidade dos produtos e inserir legislação que permita ao consumidor do direito ao reparo.
	Concentração de ações em setores de alta extração de recursos e potencial para circularidade: eletronica e tecnologia da informação e comunicação (TIC), baterias e veículos, embalagens, plásticos, texteis, construção e edificios, alimentos.
	Garantir a redução dos resíduos: medidas para prevenir a geração de resíduos e viabilizar a utilização em mercados secundários de materiais em alta qualidade.
	Investimento em políticas complementares: tecnologias ecológicas, sistemas de inovação, transporte público e privado mais limpo e acessível, edifícios com energia eficiente e sustentável, parcerias internacionais para aprimorar padrões globais.

Fonte: Adaptado de European Commission (2020)

O pacto ecológico europeu 2020 pretende tornar compromissos assumidos politicamente em obrigações legais, avançando na transição da economia para sistemas circulares, englobando todas as etapas do ciclo de vida dos produtos, enfatizando a participação de todos os *stakeholders*, especialmente os cidadãos em escolhas de consumo sustentáveis (EUROPEAN COMMISSION, 2020, online), que exigirão padrões de produção também mais sustentáveis.

Repo et al. (2018) defende que os cidadãos e consumidores ocupem papel na formulação das políticas públicas para a economia circular e não somente como parte do sistema circular, a fim de harmonizar as preocupações da população em relação ao clima, energia, desperdício e questões sociais com as prioridades políticas. A gestão dos resíduos e dos sistemas produtivos são inquietações da sociedade da atualidade, mas elas não são as únicas e nem as principais. “Negligenciar a dimensão social da economia circular é uma fonte para a contínua falta de congruência” (REPO et al., p. 260, 2018; tradução nossa).

A China, maior consumidor de matérias primas do mundo (WANG et al., 2020), é um dos países que passou a adotar políticas públicas que promovam o desenvolvimento da economia circular no país. Um dos exemplos mais citados na literatura é a política regulatória que introduz mecanismos facilitadores à economia circular (DA SILVA, 2018; CUI; ZHANG, 2018). O Estado chinês adota a economia circular como estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável (GUO et al., 2017; MCDOWALL et al., 2017; FAN; FANG, 2020). O país almeja alcançar o crescimento econômico dissociado do consumo de recursos naturais e impactos ao meio ambiente. O governo central patrocina a maioria dos programas de transição da economia para modelos circulares e, portanto, mais sustentáveis (MCDOWALL et al., 2017; CUI; ZHANG, 2018; ZHU et al., 2019; FAN; FANG, 2020). Cui e Zhang (2018) acrescentam que as pesquisas acadêmicas exercem forte interação e influência na tomada de decisão e na formulação de políticas à economia circular.

A partir dos anos 2000 a China intensificou as ações e políticas públicas referenciadas na economia circular, mas já possuía em sua estrutura nacional políticas de maximização de recursos e gestão dos resíduos (CUI; ZHANG, 2018; ZHU et al., 2019). Em 2008, foi instituída a Lei de Promoção da Economia Circular na China. A estrutura legal conta com mais de 280 leis, políticas e regulamentos relacionadas à economia circular, interligadas às agências e programas governamentais por meio de vários instrumentos políticos. Essas políticas estão direcionadas principalmente aos recursos, à produção, aos resíduos, ao uso e ao ciclo de vida. As políticas públicas orientadas aos recursos estão baseadas na maximização da utilização dos recursos e as de produção estão orientadas à viabilização de parques industriais ecológicos e à produção mais limpa, com tecnologias que reduzem a poluição e aumentam a eficiência. A Lei de Prevenção e Controle da Poluição Ambiental por Resíduos Sólidos de 1995, atualizada em 2004 e 2016 legisla sobre a política nacional de resíduos e

busca induzir fluxos de resíduos de volta ao processo produtivo, reduzindo a extração de recursos naturais (MCDOWALL et al., 2017; ZHU et al., 2019). A taxa de ciclagem de entrada na análise de fluxos de materiais avançou de 2,7% para 5,8% e a reciclagem dos resíduos aumentou de 7,2% para 17% no período de 1995 a 2015, concentrados principalmente nos resíduos sólidos industriais (WANG et al., 2020). As políticas relacionadas ao uso e ao ciclo de vida são mais recentes e tem o propósito de manter os produtos em maior tempo de uso. São exemplos dessas políticas: (i) plano de promoção de responsabilidade do produtor de 2016, que responsabiliza os produtores pelos impactos ambientais na fase do consumo, englobando a distribuição, uso e descarte; (ii) regulamento de remanufatura da indústria automotiva, que visa prolongar a vida útil das peças utilizadas nos automóveis (MCDOWALL et al., 2017; ZHU et al., 2019).

Baseados em conceitos internacionais, mas adaptados à realidade doméstica, os atores políticos estão comprometidos em solucionar, através dos preceitos da economia circular, problemas crônicos advindos da industrialização, como a escassez de recursos naturais, baixa produtividade (ZHU et al., 2019) e poluição ambiental (GUO et al., 2017; MCDOWALL et al., 2017; AVDIUSHCHENKO; ZAJAC, 2019; FAN; FANG, 2020). Seguindo essas diretrizes, Brooks, Wang e Jambeck (2018) destacam a política de restrição de importação de resíduos plásticos adotada pela China a partir de 2010. A política conhecida como operação *Green Fence* (2013) restringiu as importações de resíduos plásticos com grau de contaminação mais elevada e procurou coibir o comércio ilegal de resíduos plásticos. Em 2017, a importação de resíduos plásticos não industriais foi proibida no país. Desde 1992, a China importou cerca de 45,1% de todos os resíduos plásticos globais, que somados à Hong Kong se elevam à 72,4%. Observa-se que Hong Kong opera como porto de entrada de produtos para a China. Calcula-se que 111 milhões de toneladas de resíduos plásticos deixarão de ser importados até 2030 pela China, deslocando esses materiais para outros países do globo.

Zhu et al. (2019) ponderam que as políticas chinesas relacionadas à transição para a economia circular estão mais relacionadas como os meios do que com os fins. Com uma abordagem de cima para baixo e de políticas incrementais, dependem em demasia de investimentos e subsídios públicos, carecem de políticas orientadas ao consumo sustentável e que abranjam todo ciclo de vida do produto, desde seu *design*, melhorando a produtividade com fluxos sustentáveis de recursos. “O aumento dos

fluxos de recursos e a eficiência da produção continuam sendo o foco principal, enquanto uma escala ideal para o consumo sustentável é frequentemente ignorada." (ZHU et.al., 2019, p. 117, tradução nossa).

Além disso, "[...] não há um estudo aprofundado sobre questões de economia circular e justiça social, a ética da economia circular e a relação entre ética ambiental" (CUI; ZHANG, 2018, p.1033, tradução nossa). Guo *et al.* (2017) acrescentam que a implementação da estratégia nacional da economia circular está em desiquilíbrio geográfico: a China oriental, economicamente forte, está em estágio de implantação avançado enquanto a China ocidental, caminha em estágios iniciais. Segundo Fan e Fang (2020), 23% das províncias chinesas apresentam relativa eficiência nos modelos econômicos circulares enquanto 70% das províncias consideradas ineficientes apresentam decréscimo nos retornos. No entanto, há de se reconhecer o comprometimento político à evolução contínua das políticas públicas para a economia circular na China (CUI; ZHANG, 2018; ZHU et al., 2019). O Quadro 11 sintetiza as políticas adotadas pelo país à transição para a economia circular.

Quadro 11 – China: políticas públicas relacionadas à economia circular

Período/Ano	Políticas públicas relacionadas à economia circular
1995	Lei de prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos.
- 2000	Políticas para maximização de recursos e gestão de resíduos.
2000 -	Ações e políticas públicas referenciadas na economia circular.
2008	Lei de promoção da economia circular.
2004	Atualização da lei de prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos.
2010 - 2013	Restringiu as importações de resíduos plásticos com grau de contaminação mais elevada e procurou coibir o comércio ilegal de resíduos plásticos - *Green Fence* (2013).
2016	Atualização da lei de prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos.
2016	Plano de promoção de responsabilidade do produtor. Regulamento de remanufatura da indústria automotiva,

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se no Quadro 11, que a China intensificou as políticas públicas relacionadas à economia circular a partir do ano 2000 e em 2008, promulgou a Lei de promoção da economia circular. Em 2013, restringiu a importação de resíduos plásticos, causando um deslocamento e readequação global desses materiais.

Em suma, a implementação dos princípios da economia circular nos países da União Europeia, na China e no Japão se utilizam da mesma base, mas seguiram por objetivos diferentes segundo suas problemáticas e prioridades (MILIOS, 2018; AVDIUSHCHENKO; ZAJAC, 2019). O Quadro 12 pontua os principais aspectos relacionados às políticas públicas referentes à transição para a economia circular nesses países.

Quadro 12 - Síntese políticas públicas para economia circular: Japão, União Europeia e China

	Japão	**União Europeia**	**China**
Objetivo central	Modelo de uma sociedade sustentável.	Produção e consumo sustentáveis - neutralidade climática.	Estratégia nacional de desenvolvimento
Foco de atuação	Aplicação dos 3Rs – reduzir, reutilizar e reciclar.	Eficiência no uso dos recursos e na gestão dos resíduos. Sistemas de inovação. Geração de renda.	Sistemas industriais
Leis e regulamentos	Gestão de resíduos. Reciclagem. Otimização dos recursos. Áreas prioritárias. Sociedade sustentável: responsabilidade produtor-consumidor.	Gestão e redução dos resíduos. Produtos sustentáveis. Capacitar os consumidores. Áreas prioritárias. Inovação e investimento.	Gestão de resíduos. Maximização dos recursos. Promoção da economia circular. Controle da poluição ambiental, restrição à importação de resíduos. Responsabilidade do produtor.
Implementação	De cima para baixo. Atuação forte do Estado com o comprometimento da sociedade.	De baixo para cima. Atuação forte dos *stakeholders.* Reivindicação da sociedade por ajuste de leis e regulamentos.	De cima para baixo. Atuação principal do Estado com leis, regulamentos e infraestrutura.
Dimensões abordadas	Base social com efeito sobre a econômica e ambiental.	Base econômica, ambiental e social.	Base econômica com efeito sobre a ambiental e social
Avaliação de desempenho	Ciclos de materiais sustentáveis - análise dos fluxos de materiais.	Análise holística: uso dos recursos, gestão dos resíduos, inovação e geração de renda.	Desempenho dos parques industriais - análise dos fluxos de materiais.
Pontos fortes	Mobilização e conscientização política e social.	Conscientização e mobilização social. Pacto ecológico entre os países membros.	Comprometimento político.
Barreiras	Declínio do conhecimento tradicional	Baixa participação do consumidor na formulação das políticas.	Inustiça social.

Autores	Takiguchi e Takemoto (2008), Jabbour and Puppim-de-Oliveira (2012) Despeisse et al. (2015), Ghisellini; Cialani e Ulgiati (2016),	European Commission (2015, 2020), Ghisellini; Cialani e Ulgiati (2016), Milios (2018), Repo et al. (2018), Avdiushchenko e Zając (2019),	Ghisellini; Cialani e Ulgiati (2016); Guo et al. (2017), Mcdowall et al. (2017), Da Silva (2018), Milios (2018), Silva et al. (2018), Cui e Zhang (2018), Brooks; Wang e Jambeck (2018), Zhu et al. (2019),
Autores	Sakai et al. (2017), Silva et al. (2017), Avdiushchenko e Zając (2019), Manickam e Duraisamy (2019), Ogunmakinde (2019), Japan International Cooperation Agency (2020), Ministry of the Environment Government of Japan (2020). Liu et al. (2021)	Hartley, van Santen e Kirchherr (2020).	Avdiushchenko e Zając (2019), Fan e Fang (2020), Wang et al. (2020).

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com Milios (2018), os países europeus evidenciam o papel dos *stakeholders* no processo de implementação da economia circular, no qual as esferas governamentais agem como catalisadores e na regulamentação para viabilizar as mudanças necessárias à produção e consumo sustentáveis. A China adotou a economia circular como uma estratégia nacional de desenvolvimento de cima para baixo, voltada principalmente para os sistemas industriais. O Japão assumiu a postura e comprometimento dos 3Rs – reduzir, reutilizar, reciclar para a sociedade como um todo, que visam ter ciclos de materiais sustentáveis (MILIOS, 2018).

As leis e regulamentações baseadas nos princípios da economia circular surgem nesses países com a necessidade da gestão dos resíduos no controle da poluição ambiental e face a escassez de recursos frente a crescente necessidade de produção, suprindo a demanda do consumo. Para tal, são regulamentadas as responsabilidades do produtor e consumidor, bem como são definidas áreas prioritárias de atuação segundo os diagnósticos locais. Em Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016), a implementação das políticas seguem padrões distintos nos países. Os países europeus e o Japão almejam resultados sinérgicos entre o sistema produtivo e a sociedade, inserindo os princípios da economia circular em políticas setoriais; enquanto a China estabelece a economia circular como estratégia política nacional para o desenvolvimento a partir da reestruturação das indústrias, seguindo para

mudanças socioeconômicas. Todavia, essa estratégia compete com a própria política chinesa de crescimento contínuo da produção e do consumo.

Desta forma, a base de transição para os sistemas circulares japoneses está na mudança de valores da sociedade, que geram efeitos sucessivos na dimensão econômica e ambiental. A União Europeia busca a transição abrangendo aspectos econômicos e sociais para a neutralidade climática. Na China, a estrutura está centrada no desenvolvimento socioeconômico mitigando os impactos ambientais.

O desempenho das políticas públicas para economia circular é avaliado de formas diferentes entre os países e grupos econômicos. A China prioriza o monitoramento de desempenho dos parques industriais. A abordagem se concentra em dados contábeis e no acompanhamento e análise dos fluxos de materiais (AVDIUSHCHENKO; ZAJAC, 2019; WANG et al., 2020). Esse processo é aplicado de forma semelhante no Japão (AVDIUSHCHENKO; ZAJAC, 2019).

Os países europeus buscam uma avaliação holística, controlando a eficiência do uso dos materiais, gestão dos resíduos, inovação e novas oportunidades de geração de renda (AVDIUSHCHENKO; ZAJAC, 2019). A Eurostat é quem monitora a implementação da economia circular na UE através de dez indicadores dispostos em quatro grupos: (i) produção e consumo, (ii) gestão de resíduo, (iii) matérias primas secundárias, (iv) competitividade e inovação, empregos e patentes (EUROPEAN COMMISSION, 2020, *online*).

Avdiushchenko e Zając (2019) salientam que avaliações comparativas entres regiões e países distintos por diversas vezes não é exequível, pois há limitações na disponibilidade de dados, pois cada região e país tem prioridades diferentes em função de suas problemáticas e territorialidades. Entretanto, Saidani et al. (2019) expõem que indicadores de desempenho são instrumentos gerenciais importantes e subsidiam a tomada de decisão na formatação das políticas públicas. O uso de indicadores facilita a comunicação externa, a definição de metas, a avaliação de projetos-piloto e aportes de investimentos; como também viabiliza o comparativo entre indústrias e setores, a análise de padrões do consumidor, o monitoramento de resultados por alterações regulatórias e fundamenta programas para reutilização, reciclagem e redução de recursos, servindo assim de base para avanços na transição a sistemas circulares.

Por outro lado, o comprometimento político chinês, o papel atuante do Estado tem se mostrado decisivo na transformação da economia de modelos lineares para

circulares, enquanto na União Europeia, a sociedade, as partes envolvidas da cadeia produtiva impulsionam o Estado a catalisar e promover alterações em leis e regulamentos que viabilizem a transição. No Japão, as duas forças, Estado e sociedade cooperam com o propósito de um modelo de sociedade sustentável fundamentada nos 3Rs. Contudo, segundo Guo et al. (2017), Cui e Zhang (2018), Fan e Fang (2020), a implementação da estratégia nacional chinesa para a economia circular carece de medidas que promovam a igualdade e justiça social; ao passo que Repo et al. (2018), Milios (2018), argumentam que os planos europeus necessitam de maior espaço para a atuação dos cidadãos, consumidores na formatação das políticas públicas. No Japão, Jabbour e Puppim-de-Oliveira (2012) indicam que foram identificados em clusters japoneses pontos de declínio do conhecimento produtivo tradicional para a proteção do meio ambiente, necessitando de maior conscientização dos produtores para sistemas produtivos que harmonizem as atividades do cluster com o meio ambiente.

No âmbito dos centros urbanos, as cidades e províncias da China são incentivados a formatarem planos para a implementação da economia circular (CUI; ZHANG, 2018), pois os residentes de cada cidade chinesa possuem interpretações e atitudes culturais diversas relacionadas a economia circular. A tomada de decisão na política local precisa considerar as realidades e culturas locais (GUO et al., 2017). Na União Europeia, as cidades de Londres, Paris, Amsterdam, Bruxelas e a região da Catalunha estão implementando programas de economia verde e circular em suas cidades (AVDIUSHCHENKO; ZAJAC, 2019).

As cidades têm o potencial para inovar e impulsionar a transição para sistemas circulares, pois é nelas que se encontram as pessoas, os recursos e os mercados, a serem administrados com políticas e planejamentos urbanos, apoiados na tecnologia digital, que priorizem a redução do uso de recursos, incentivem sistemas de inovação, melhorem a habitabilidade, oportunizem a geração de renda e regenerem o meio ambiente. São exemplos de políticas e planejamentos urbanos alinhados à economia circular: sistemas de gestão dos resíduos baseados em ciclo de vida, mobilidade urbana com energia limpa, produção sustentável, redução do consumo de materiais e do desperdício de alimentos, normas sustentáveis para a construção civil e a criação de redes de logística reversa, de compartilhamento e de reciclagem (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017; TAELMAN et al., 2018); WILLIAMS, 2019).

O processo de inovar em políticas públicas, que visem uma mudança sistêmica na sociedade como a transição para a economia circular não é uma tarefa fácil e de curto prazo. Políticas que atualizem, adicionem ou alterem temas às existentes tendem a progredir de forma mais rápida e com menos barreiras. Tal fato explica por que os governos optam por ações individuais em vez de um conjunto de políticas públicas, que englobem diversos instrumentos políticos em vários níveis de governo (MILIOS, 2018).

A visão das esferas de governo de forma hierárquica, onde os governos federais, estaduais e municipais formam níveis, somados à setorização e competição política em vez da cooperação entre as partes envolvidas, colaboram para a desarticulação dos processos de políticas públicas. A desarticulação também é fruto da falta de estruturas básicas, desalinhamento das instituições, sobreposição ou a falta de responsabilidades nos processos, comprometendo o desenvolvimento sustentável das cidades e países. Além disso, observa-se que não há em muitos casos a sequência política: plano, programa, projeto e ação e quando há, nem sempre se mantém, pois há alternâncias nas estruturas de governo (LOPES, 2016), que tratam as políticas públicas como de governos e não como políticas de nação. Segundo Milios (2018), os períodos legislativos são barreiras para a implantação de uma combinação de políticas públicas de longo prazo, pois há de se considerar o tempo para o diagnóstico e seleção das prioridades de cada país, que diferem devido a sua territorialidade.

Hobson e Lynch (2016), Murray, Skene e Haynes (2017), Schröder, Lemille e Desmond (2020) apresentam que os planos para a implementação da economia circular são relacionados ao desenvolvimento sustentável do local, porém é evidenciado a dimensão econômica em benefício da ambiental e pouco é abordado da dimensão social, apesar dos modelos econômicos circulares visarem a maximização sustentável do ecossistema, que pode levar a melhoria do bem-estar humano. Esses autores argumentam que a conceitualização e as políticas públicas relacionadas à economia circular não esclarecem como a transição da economia levará a maior igualdade e coesão social. Não há a incorporação clara dos aspectos sociais nos modelos econômicos circulares.

As dimensões econômicas e ambientais detém maior destaque nas políticas públicas relacionadas à economia circular, quando comparadas à dimensão social, enquanto essas poderiam “[...] ser a forma mais poderosa de apoiar a congruência

entre o entendimento dos cidadãos e das políticas da economia circular" (REPO et al., p. 260 2018, tradução nossa). Os planos nacionais de transição para a economia circular integram o ser humano na cadeia de valor como consumidores ou são relacionados à novas oportunidades de renda, porém as problemáticas sociais vão muito além dessas questões, ainda que relevantes (REPO et al., 2018; SCHRÖDER; LEMILLE; DESMOND, 2020).

Hobson e Lynch (2016) acrescentam que as sociedades caminham para a reconfiguração e redistribuição das redes de relacionamento dos sistemas de produção e de consumo, com certa conscientização pelo consumo e produção sustentável, mas não identifica a mesma grandeza de ações relacionadas às questões sociais, sendo que o sucesso transformador da economia circular depende de profundas mudanças sociais. Esses autores inferem que a economia é uma organização sócio-política complexa e a economia circular é o prestigiado projeto político-econômico atual para o desenvolvimento de países e grupos econômicos de grande relevância global, esses projetos precisam incluir maiores debates com a sociedade, atribuindo o devido valor e papel ao cidadão a fim de que a economia circular seja socialmente sustentável.

A transição para a economia circular necessita de um conjunto de políticas públicas multidimensionais que promovam a ecoinovação sustentável, que superem barreiras de curto prazo e estabeleçam objetivos de longo prazo (DE JESUS et al., 2019). Nesse cenário, o papel do Estado é fundamental enquanto agente integrador, coordenador, educador e empreendedor em ações correlatas, em todos os níveis da sociedade (FURTADO, 1998; MAZZUCATO, 2011, 2015; DE JESUS et al., 2019).

O sucesso da economia circular vai além de soluções e avanços tecnológicos da indústria 4.0, pois também decorrerá de superar as barreiras e conflitos de interesses políticos e econômicos e; incorporar a discussão e ações frente aos desafios sociais e comportamentais (DE JESUS et al., 2019), como dos efeitos das mudanças climáticas (ASHRAF et al., 2020).

O cidadão e consumidor devem ocupar a mesma grandeza de importância e atuação das demais partes interessadas na cadeia de valor dos modelos econômicos circulares, pois o ciclo engloba a responsabilidade compartilhada produtor-consumidor. Segundo De Jesus et al. (2019), em grande parte dos modelos circulares os consumidores permanecem esquecidos.

As medidas iniciais da transição de gestão dos resíduos, que integram princípios dos 3Rs de reduzir, reutilizar e reciclar em redes cooperadas de reciclagem, logística reversa, de compartilhamento precisam ser vistos como meios de progresso social e coesão social, e não somente como soluções econômicas e ambientais.

A fim de garantir o êxito na implantação de um conjunto de políticas que viabilize a transição da economia linear para a circular, a regulamentação, instrumentos e estruturas aplicadas devem estar adequadas à sociedade local, A abordagem de baixo para cima possibilita maior sinergia entre os diferentes níveis e atores envolvidos, além de promover sistemas de inovação em várias esferas da economia. O processo de combinação de políticas públicas requer dispor de instrumentos políticos, considerar o custo de implementação e transição, agir na minimização das interações negativas e maximização dos benefícios, mitigar efeitos colaterais e estar atento para atuar proativamente durante todo o processo de formatação e implementação das políticas públicas (MILIOS,2018).

Enquanto a economia linear se fundamentava em pilares predominantemente econômicos, o movimento global em torno dos efeitos das mudanças climáticas majorou as discussões, ações e políticas públicas para mitigar os impactos ambientais, levando a mudanças significativas nos sistemas produtivos baseados no *take-make-waste.* No momento, a pandemia mundial do COVID -19 expõe e acentua a exclusão e a desigualdade social, além dos danos à economia global. Mas, será que as discussões e políticas adotadas para abrandar as questões sociais latentes dos dias de hoje perdurarão e serão incorporadas no cotidiano da formulação das políticas públicas nacionais e locais? Será que os temas sociais terão o mesmo patamar de valoração do econômico e ambiental?

Independente desse fator global, os exemplos de modelos econômicos circulares explorados nesse estudo, sobretudo da União Europeia e do Japão, têm demonstrado que é possível equilibrar os pilares econômicos, ambientais e sociais. Esses países introduziram a sociedade na economia circular e vice-versa, em menor ou maior escala, mas com efeitos positivos à transição para a economia circular, com benefícios econômicos, sociais e ambientais. A União Europeia e os estados membros formulam políticas públicas alinhando a transição para a economia circular com medidas para reduzir e adaptar-se as mudanças climáticas, associando a benefícios ao consumidor e cidadão (Ashraf et al., 2020). Enquanto o Japão formata o modelo de sociedade sustentável baseada no princípio dos 3Rs (MILIOS, 2018).

Lopes (2016) ressalta que o acordo firmado pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável clama aos líderes mundiais por ações globais e o agir local, de forma holística, em parcerias e cooperações, que estão alinhados aos princípios da economia circular.

Pelo exposto, verifica-se que as políticas públicas nacionais refletidas nas locais vêm incorporando os princípios da economia circular, promovendo e normatizando negócios mais sustentáveis ao ambiente das cidades. Nesse contexto, a gestão dos resíduos e o reaproveitamento destes na cadeia produtiva é um dos maiores desafios contemporâneos, que exigem das sociedades comprometimento com parcerias, cooperações, inovação técnica e política para a redução da geração dos resíduos, mas também com seu reprocessamento.

O resíduo de equipamentos elétricos e eletrônicos (lixo eletrônico) é o resíduo que mais cresce na atualidade e é urgente frear essa curva ascendente, seja pela prevenção, redução, reuso, reciclagem ou remanufatura. Esses resíduos podem conter substâncias perigosas ao ambiente e ao bem-estar das pessoas, mas também são fonte de materiais de grande valor econômico, que podem reduzir a pressão sobre a exploração de recursos naturais, gerar nova cadeia de negócios e diminuir a geração de resíduos.

Desta forma, dada a relevância do tema, essa tese faz um recorte nos estudos sobre economia circular e políticas públicas para cidades sustentáveis à gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (lixo eletrônico) de uso doméstico.

2.4 Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)

A industrialização, os maiores níveis de renda de uma população em crescente urbanização tem levado ao aumento do consumo de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE). Estes, por sua vez, apresentam ciclos de vida cada vez mais curtos pelo avanço da tecnologia, que associados às poucas opções de reparos destes produtos geram o aumento do lixo eletrônico (FORTI *et al*., 2020; GOLLAKOTA; GAUTAM; SHU, 2020).

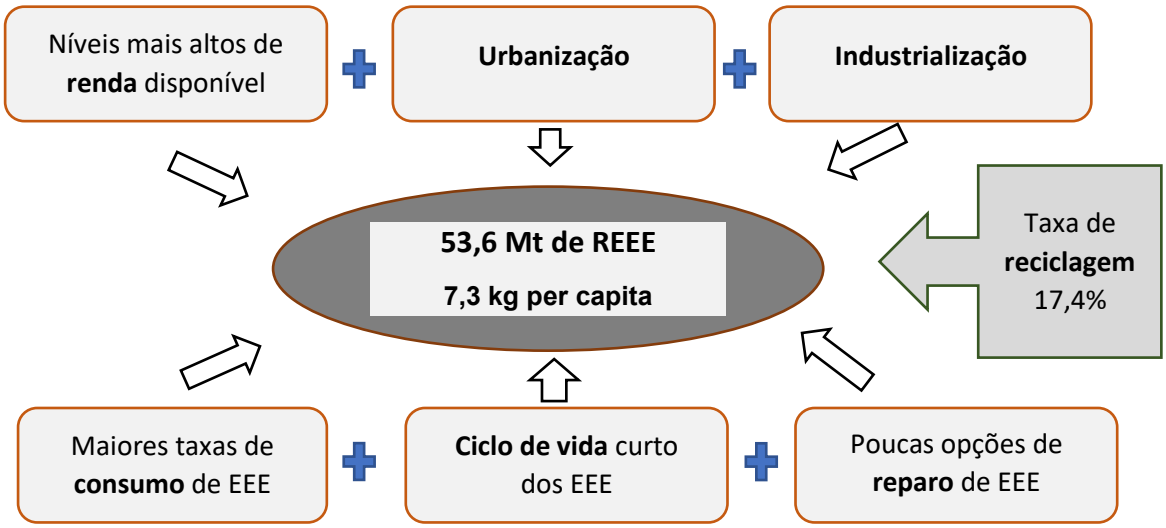
O descarte mundial de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) (*e-waste*) calculado em 2019 registrou recorde de 53,6 milhões de toneladas, dos quais estima-se que somente 17,4% foi descartado adequadamente (UNITED

NATIONS, 2020, *online*), ou seja, 82,6%, 44,3 milhões de toneladas de lixo eletrônico teve seu descarte incerto, impactando o meio-ambiente e a saúde das pessoas (FORTI *et al.,* 2020), dado as substâncias tóxicas e de alta periculosidade contidas nesses resíduos.

O International Telecommunication Union (ITU, 2020, *online*) alerta que o lixo eletrônico global deve chegar em 2030 a 74 Mt, se tornando o fluxo de resíduo doméstico de maior crescimento, quase dobrando em um período de dezesseis anos. Segundo Doreen Bogdan-Martin, diretora do ITU, "as quantidades de lixo eletrônico estão crescendo três vezes mais rápido que a população mundial e 13% mais rápido que o PIB mundial nos últimos cinco anos."

De acordo com Forti et al. (2020) o continente que mais gerou lixo eletrônico em 2019 foi a Ásia com 24,9 Mt. Neste ano, a América gerou 13,1 Mt, a Europa 12 Mt, a África 2,9 Mt e a Oceania 0,7 Mt. Contudo, na análise de geração per capita a Europa vem a frente com 16,2 kg por habitante, seguidos pela Oceania com 16,1 kg, a América com 13,3 kg, a Ásia 5,6 kg e a África com 2,5 kg per capita. Além disso, as taxas de reciclagem do lixo eletrônico não estão avançando nas proporções do aumento desses resíduos. Em 2019, a Europa reciclou cerca de 42,5%, a Ásia 11,7%, a América 9,4%, a Oceania 8,8% e a África 0,9%. A Figura 14 sintetiza informações centrais do panorama mundial dos REEE.

Figura 14 - Cenário global dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos 2019



Fonte: Adaptado de Forti *et al.* (2020

Constata-se que há pelo menos seis variáveis que impactam diretamente a quantidade de REEE gerados no mundo, mas há outras tantas que dificultam a reciclagem adequada desses materiais e seu reaproveitamento nas cadeias produtivas. A infraestrutura física e legal necessária para o gerenciamento desses resíduos ainda não está desenvolvida em muitos países do globo, sobretudo nos países em desenvolvimento.

2.4.1 Definição e categorias

Conceitualmente, os equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) ou suas partes em fim de vida, que foram descartados pelo proprietário são considerados como resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) ou lixo eletrônico (*e-waste)*. Esses resíduos possuem materiais perigosos, mas também valiosos *(*BALDÉ et al., 2017; KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017; ILANKOON et al., 2018; FORTI et al., 2020). Os EEE englobam uma grande variedade de produtos e materiais, desde eletrodomésticos, brinquedos, computadores, celulares, equipamentos utilizados na medicina, na automação industrial, nas tecnologias da informação e comunicação, no transporte e na geração de energia (BALDÉ et al., 2017; ILANKOON et al., 2018; FORTI et al., 2020). Baldé et al. (2017) clarificam que EEE são compostos de “[...] circuitos ou componentes elétricos com alimentação ou bateria”. Além disso, Forti et al. (2020, p. 18) destaca que “[...] cada vez mais, os EEE são empregados no setor em expansão da Internet das Coisas (IoT), como sensores ou dispositivos pertencentes ao conceito de “*smart home*” ou “*smart cities*”.”

Para fins dessa tese são analisados os REEE, que podem ser classificados de diferentes formas, segundo sua função, composição, peso médio e características de fim de uso e de vida. A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) classifica os EEE em quatro segmentos segundo suas linhas de produção: verde, marrom, branca e azul, estando agrupadas conforme características em comum de vida útil, porte e componentes utilizados. A Figura 15 apresenta essa classificação.

Figura 15 - Linha de equipamentos elétricos e eletrônicos

Fonte: Confederação Nacional da Indústria (2017)

Verifica-se, conforme Baldé *et al*. (2017), que cada equipamento tem uma vida útil e valores econômicos diversos, que geram quantidades e resíduos variados, impactando a saúde e o meio ambiente de distintas formas, quando reciclados de forma inadequada. A peculiaridade de cada classe de produtos nos processos de descarte, coleta, logística e reciclagem também distinguem as categorias de equipamentos.

Baldé *et al.* (2017) e Forti *et al*. (2020) classificam os EEE e seus resíduos em seis categorias gerais: (i) equipamentos de troca de temperatura: refrigeradores, condicionadores e bombas de calor; (ii) telas e monitores: televisores, monitores, tablets e notebooks; (iii) lâmpadas: fluorescentes e de LED; (iv) equipamentos grandes: máquinas de lavar e secar, fogões, impressoras e painéis fotovoltaicos; (v) equipamentos pequenos: eletrodomésticos menores como micro-ondas, aspirador de pó e barbeadores, ferramentas elétricas e pequenos dispositivos médicos; (vi) equipamentos pequenos de TIC: telefones e celulares, GPS, computadores e impressoras pessoais.

Entretanto, Xavier, Ottoni e Nascimento (2019) sugerem uma categorização própria para os REEE, de acordo com a demanda do mercado de reciclagem dispostos em sete categorias expostos na Figura 16. Esses autores argumentam que

há um descompasso entre a categorização por linhas de produção e a realidade do mercado de reciclagem brasileiro, que tem o foco na função e composição do REEE. Essa classificação de REEE facilita a educação ambiental da sociedade, bem como a referência aos segmentos de tratamento dos REEE, pois seus produtos possuem características similares de reciclagem.

Figura 16 – Classificação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

Tipologias	Exemplos
Eletrodomésticos	Geladeiras, fogões, lavadoras de roupa, equipamentos de ar-condicionado.
Eletroeletrônicos	Secadores de cabelo, liquidificadores, ventiladores, rádios (pequenos eletrodomésticos em geral).
Monitores	Monitores e telas do tipo Tubo de Raios Catódicos (CRT), Telas de Cristal Líquido (LCD), monitores de LED e outros.
Informática e Telecomunicações	Computadores desktops, notebooks, periféricos, fax, tablets, impressoras, celulares, smartphones, etc.
Fios e Cabos	Fios, tomadas e cabos.
Pilhas e Baterias	Pilhas, baterias, capacitores.
Lâmpadas	Fluorescentes clássicas, fluorescentes compactas, lâmpadas de sódio, lâmpadas de mercúrio, lâmpadas incandescentes.

Fonte: Xavier, Ottoni e Nascimento (2019)

Observa-se que a tipologia eletrodoméstico espelha a linha branca de produção, composta de equipamentos de pequeno e médio porte, cujos resíduos requerem manejos específicos, pois alguns possuem o gás CFC, agente do efeito estufa. A tipologia eletroeletrônico é composta de produtos da linha azul de produção e da linha marrom, excetuando os monitores. Este segmento de produtos possui grande quantidade de plásticos que podem ser desmontados manualmente, mas também possuem pilhas e baterias que requerem tratamento diferenciado. Os monitores de TV e de computadores, que são compostos de vidro e polímeros plásticos, que podem conter também chumbo e cromo exigem cuidados especiais de manejo. A tipologia equipamentos de informática e telecomunicações se espelha na linha verde de produção e devido a complexidade de seus componentes e presença de metais pesados devem ser tratados pelas indústrias produtoras ou por empresas parceiras capacitadas. Os fios e cabos que atuam como condutores elétricos dos EEE possuem metais (cobre, alumínio) de valor econômico significativo e podem ser separados em processos manuais, seguindo após para indústrias específicas. As pilhas e baterias possuem elementos químicos tóxicos e devem ser coletados em

recipientes apropriados e tratados por empresas habilitadas. Já na tipologia lâmpadas, os equipamentos de iluminação requerem zelo no seu manuseio a fim de evitar a danificação do produto, pois podem conter mercúrio que é tóxico ao ser humano e ao ambiente (XAVIER et al., 2017).

2.4.2 PIB, PIB per capita, população e urbanização

Em termos de geração de REEE, a China, os Estados Unidos e a Índia são os maiores geradores de lixo eletrônico do mundo, responsáveis por 38% do REEE produzidos em 2019, com cerca de 20 Mt (NAÇÕES UNIDAS, 2021, *online*).

Nessa conjuntura, o Brasil está entre os maiores produtores mundiais de eletroeletrônicos, mas calcula-se que apenas 3% dos resíduos eletroeletrônicos são descartados adequadamente no país (BALDÉ et al., 2017). De acordo com o *The global e-waste monitor 2019,* o Brasil gerou 2.143 t de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) em 2019 e o descarte por habitante chegou a 10,2 kg/ano, acima da média mundial de 7,3 kg/ano. Em comparação aos demais países do BRICS, a China gerou 10.129 kt e 7,2 kg per capita, a Índia 3.230 kt e 2,4 kg per capita, a Rússia 1.631kt e 11,3 kg per capita e a África do Sul 416 kt e 7,1 kg per capita em 2019 (FORTI et al., 2020).

A geração de REEE é uma preocupação crescente à maioria dos países e está concentrada sobretudo nas regiões onde há maior crescimento econômico e urbanização. Segundo Kumar, Holuszko, Espinosa (2017) e Kusch e Hills (2017), estudos de combinação de dados de geração de resíduo eletrônico, PIB, PIB per capita e aumento populacional de 50 países demonstraram que não há uma correlação significativa entre o aumento da população e a geração de REEE. Todavia, há relação linear entre o crescimento do PIB e o montante de geração de REEE do país e da evolução do PIB per capita com o descarte de resíduos eletrônicos por habitante. Kumar, Holuszko e Espinosa (2017) exemplificam os resultados com a China, Estados Unidos e Índia, ao qual adicionamos o Brasil na Tabela 2.

Tabela 2 - PIB, PIB per capita, população e geração de REEE (2019)

País	REEE (kt)	REEE per capita (kg)	População (milhões)	PIB (milhões USD)	Pib per capita (USD)	% População urbana e rural
Estados Unidos	6.918	21.0	328.239,52	21.433.226,00	65.297,5	82,46 - 17,54
China	10.129	7.2	1 433.78	14.342.902.84	10.216,7	58,79 - 41,21
Índia	3.230	2,4	1 366.42	2.875.142.31	2.099,6	34,47 - 65,53
Brasil	2.143	10,2	211,049.53	1,839,758.04	8,717.2	86,83 - 13,17

Fonte: Forti *et al*. (2020), World Bank (2021)

Kumar, Holuszko e Espinosa (2017) argumentam que os Estados Unidos e a China possuem os maiores PIBs globais e concentram a maior geração de resíduos eletrônicos, dado ao seu crescimento econômico pujante e maior população. Por outro lado, quando comparados os dados da China, Estados Unidos e Índia é observado que o tamanho da população da Índia influencia no montante de resíduos eletrônicos gerados, mas quando comparados o descarte por habitante, a Índia tem baixa geração de REEE, pois seu PIB per capita é significativamente mais baixo, consequentemente seu poder de compra é menor. Além disso, Forti et al. (2020) ressaltam que a urbanização influencia o consumo de EEE e acelera a geração de resíduos dos países. Na comparação dos três países se observa que a Índia ainda é mais rural do que urbana, o que influencia nos hábitos de compra da população. O país detém 65,53% de sua população, ou seja, mais de 895 milhões de pessoas residindo em áreas rurais, mas também segue o processo de urbanização global. Na comparação, o Brasil tem o menor PIB e população, mas tem o maior percentual de população urbana e PIB per capita maior que a Índia, que influenciam a geração de REEE per capita maior que a China e Índia.

O aumento dos níveis da renda nacional e per capita, a industrialização e a crescente urbanização, somados ao intenso marketing dos produtores e comerciantes de equipamentos elétricos e eletrônicos, tem alterado significativamente o hábito de consumo principalmente do meio urbano. As pessoas, mesmo inconscientemente, buscam equiparar-se na sociedade a que pertencem adquirindo modelos de produtos cada vez mais novos, em busca de uma atualização por vezes desnecessária quando comparada as características técnicas dos equipamentos. Nessa conjunção de fatores cabe destacar que o ciclo de vida dos produtos estão cada vez mais curtos e com poucas opções técnicas e econômicas viáveis para o reparo dos equipamentos em

utilização, conduzindo o consumidor ao descarte do produto e compra de um novo modelo, agravando o montante de REEE em todos os territórios (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017; ILANKOON et al., 2018; FORTI et al., 2020). Exemplificando, estudos realizados estimam que 60% dos televisores substituídos estavam em funcionamento. O ciclo de vida mais curto é observado especialmente nos dispositivos eletrônicos de uso pessoal, como celulares, tablets e notebooks, resultando em cerca de 1 bilhão de dispositivos descartados entre quatro e cinco anos (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017).

2.4.3 Gestão de REEE

A geração crescente dos REEE (lixo eletrônico) e as baixas taxas de coleta e reciclagem, assim como do descarte ambientalmente seguro impõem riscos ao meio ambiente e à saúde da população. Os REEE possuem materiais tóxicos e perigosos como o mercúrio utilizado em televisores de tela plana e em lâmpadas fluorescentes, os retardadores de chama adicionados aos plásticos que revestem equipamentos eletrônicos como notebooks e eletrodomésticos de pequeno porte e; os clorofluorcarbonos ou hidroclorofluorcarbonos presentes em refrigeradores e condicionadores de ar. Mesmo que vários materiais tóxicos venham sendo substituídos na cadeia produtiva por materiais mais seguros, o descarte informal e ilegal impõe riscos graves ao ambiente e à saúde humana (FORTI et al., 2020). De acordo com esses autores, estima-se que 50 toneladas de mercúrio e 71 toneladas de plásticos com retardadores de chama transitaram nos fluxos informais de REEE em 2019. O mercúrio, por exemplo, sem o manejo adequado pode adentrar na cadeia alimentar dos seres vivos e causar problemas renais, pulmonares e danos neurológicos. Os gases refrigerantes das geladeiras e condicionadores de ar agravam o aquecimento global. “[...] 98 Mt de equivalentes de CO2 foram liberados na atmosfera a partir de geladeiras e condicionadores de ar descartados que não foram gerenciados de maneira ambientalmente correta. Isso é aproximadamente 0,3% das emissões globais relacionadas à energia em 2019” (FORTI et al., 2020, pg. 15).

Políticas que contemplem estratégias apropriadas à gestão de REEE de forma segura é um tema em desenvolvimento no mundo e objetivam controlar os riscos ao meio ambiente e à saúde humana (ILANKOON et al., 2018). Contudo, Forti et al. (2020) salientam que países de baixas e médias rendas não apresentam

infraestruturas para a gestão adequada dos REEE e certos países não possuem qualquer política ou ação para a gestão dos REEE. Nesses casos, os REEE são geralmente manuseados pelo setor informal e tratados sem qualquer regulação e cuidados mínimos de proteção, causando graves danos ao ambiente e à saúde dos trabalhadores, assim como das crianças que auxiliam no trabalho e brincam nas áreas de manejo do lixo eletrônico.

O interesse pela gestão dos REEE tem despertado o interesse dos líderes mundiais e do ambiente corporativo não só pelos riscos, mas também como fonte de recursos naturais finitos. A reciclagem de materiais oportuniza uma economia secundária de recursos, que se alinha aos paradigmas da economia circular na gestão sustentável de recursos em circuitos fechados (ILANKOON et al., 2018; FORTI et al., 2020). A reciclagem de REEE, além de reduzir o montante de lixo eletrônico, reduz a demanda global de exploração dos recursos naturais (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017; FORTI et al., 2020). “Devido a questões relacionadas à mineração primária, flutuações de preços de mercado, escassez de materiais, disponibilidade e acesso a recursos, tornou-se necessário melhorar a mineração de recursos secundários e reduzir a pressão sobre materiais virgens” (FORTI et al., 2020, p. 58).

Ilankoon et al. (2018) argumentam que diversos caminhos foram abertos para a reciclagem dos REEE, mas o propósito central está na maximização do lucro, ou seja, o foco tem se mantido no reaproveitamento de determinados materiais de maior valor econômico, quando o objetivo maior deveria buscar reciclar o máximo de matérias possíveis do lixo eletrônico.

Forti et al. (2020) expõem que os REEE podem conter metais preciosos como o ouro, prata e platina; materiais críticos como o cobalto e paládio e metais não críticos como ferro e alumínio. Materiais críticos são os que apresentam riscos de abastecimento e que podem impactar a cadeia produtiva e a economia. O ferro, o alumínio e o cobre são os materiais de maior de peso encontrados nos REEE, porém certos metais preciosos têm alta concentração por tonelada de resíduos. Por exemplo, o ouro utilizado em celulares e notebooks apresentam em média 280 gramas por tonelada de resíduo eletrônico. Calcula-se que em 2019, o valor dos materiais encontrados nos REEE soma US$ 57 bilhões, sendo que o ouro, o cobre e o ferro representam a maior parte desse montante.

A concentração de metais raros e caros nos equipamentos elétricos e eletrônicos críticos à indústria fomentou a mineração de recursos secundários nos

resíduos desses equipamentos. O termo “mineração urbana”, apesar de ter a sua origem nos REEE, tem uma abrangência maior de atuação. Segundo Cossu e Williams (2015, p. 1), a mineração urbana se estende da mineração em aterros ao “[...] ao processo de recuperação de compostos e elementos de qualquer tipo de estoque antrópico, incluindo edifícios, infraestrutura, indústrias, produtos [...]”. Esses autores defendem que a recuperação de recursos também engloba a energia gerada a partir do processamento dos resíduos e a extração e remanufatura dos estoques antrópicos devem gerar retornos econômicos viáveis. A mineração urbana precisa considerar o risco e o retorno da reciclagem de materiais tóxicos e perigosos e se situar dentro de estratégias maiores, fundamentadas na economia circular.

A mineração urbana empregada à gestão de resíduos eletroeletrônicos mantém o objetivo de recuperar matérias-primas secundárias nos estoques urbanos disponíveis. Quando aplicada dentro de estratégias para a economia circular, que utilize estruturas de logística reversa, a mineração urbana viabiliza a reentrada dos REEE na cadeia produtiva em forma de produtos, componentes, materiais e substâncias. A magnitude desses processos e sistemas dependerão das escolhas realizadas pelos tomadores de decisão, que influenciarão na dimensão da recuperação dos resíduos eletroeletrônicos (OTTONI; DIAS; XAVIER, 2020). De acordo com Forti et al. (2020), a produção de eletrônicos em 2019 demandou aproximadamente 39 Mt de ferro, alumínio e cobre. Se estes materiais fossem integralmente reciclados nos resíduos eletrônicos (gerados no mesmo ano) seria possível reciclar cerca de 25Mt, ou seja, reduzir cerca de 64,1% da demanda na exploração desses recursos naturais.

Os sistemas de gestão de REEE, desde o nível local ao nacional em consoante ao internacional, necessitam de normatização e legislação que defina claramente as responsabilidades de cada *stakeholder* envolvido. As atribuições das partes envolvidas devem compor acordos setoriais nacionais, que reflitam em ações regionais e locais. Fabricantes de EEE, empresas de reciclagem, coletores de resíduos, representantes da sociedade em conjunto com as administrações públicas federais, estaduais e municipais devem traçar metas alcançáveis, porém desafiadoras, determinar quais os processos, sistemas e estruturas que serão empregados para frear a geração de REEE e reaproveitar os materiais secundários desses resíduos na cadeia produtiva (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017; FORTI et al., 2020).

O entendimento e o comprometimento entre as partes envolvidas, bem como a coerência entre as instâncias de legislações minimizam as ações ilegais e informais. A gestão dos REEE em nível mundial é dificultada por atos ilegais e informais que obscurecem a real dimensão dos fluxos de REEE e o montante destes. Sabe-se que há grandes fluxos de exportações de resíduos eletrônicos dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento, no sentido global norte-sul. Entretanto, a Convenção da Basiléia, as metas de restrição de exportação de REEE da União Europeia, a proibição às importações de resíduos imposta pela China a partir de 2017, trouxeram grandes mudanças nas rotas desses fluxos. Nesse cenário, se percebe a formação de rotas contrárias sul-norte ou em lateralidade regional, buscando o tratamento dos resíduos que em muitos casos não há a viabilidade técnica e econômica doméstica para tal. Atualmente verifica-se rotas regionais entre oeste e norte europeu para a Europa oriental, exportações de placas de circuito que possuem componentes valiosos do hemisfério sul para o hemisfério norte (Ex: Gana e Tanzânia) e movimentos da China aos países do sudoeste asiático (Ex: Malásia, Vietnã e Tailândia) e africanos. Contudo, ainda há movimentos transfronteiriços ilegais de países sobretudo desenvolvidos para a economia informal dos países em desenvolvimento. Os países desenvolvidos geralmente possuem legislações mais rigorosas em relação ao descarte de REEE, enquanto os países em desenvolvimento geralmente detêm legislações e infraestruturas precárias em relação à gestão dos REEE, o que facilita o comércio ilegal e informal (FORTI et al., 2020).

Além disso, os países desenvolvidos exportam equipamentos usados sob o amparo de reaproveitamento dos EEE por países em desenvolvimento. Porém, uma grande maioria destes equipamentos viram resíduos quando chegam ao destino, seja pelas condições do transporte ou mesmo por intenções reais de descarte do resíduo. O tratamento desses resíduos ou os ditos equipamentos usados comumente são manuseados por trabalhadores informais, que sem equipamentos adequados colocam em risco a saúde humana e do ambiente. Estima-se que as exportações de EEE usado ou de REEE esteja na faixa de 7 a 20% do total de resíduos eletrônicos gerados no planeta (FORTI et al., 2020).

2.4.4 Legislação de REEE nos países desenvolvidos e em desenvolvimento

A Convenção de Basileia sobre o controle dos movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua disposição é um tratado internacional multilateral que tem por objetivo regular o trânsito de resíduos considerados ambientalmente e socialmente perigosos (Baldé et al., 2017). O tratado entrou em vigor em 1992 e conta atualmente com 187 países signatários (Forti et al., 2020). Esses autores argumentam que a Convenção de Basiléia regula em grande parte o comércio de resíduos perigosos, restringindo o trânsito ilegal. Porém, a falta de um consenso sobre a definição universal do que é classificado como resíduo eletrônico, as exportações e importações de equipamentos usados destinados ao reaproveitamento continuam a mascarar em grande medida o trânsito de resíduos transfronteiriços. As Conferências entre as partes envolvidas têm buscado estabelecer o consenso entre as nações.

Apesar dos avanços dos últimos cinco anos, atualmente 71% da população mundial está coberta por alguma legislação nacional acerca do REEE (*e-waste*), porém China e Índia ocupam grande parte deste percentual por terem legislações sobre esses resíduos. Quando são analisados a quantidade de países, o número cresceu de 61 países em 2014 para 78 em 2019. Assim, menos da metade dos 193 países tem políticas, legislações ou regulações sobre o REEE (FORTI et al., 2020). Nesse contexto, é imprescindível e inadiável política públicas e ações que gerenciem os REEE de forma apropriada, que priorizem a reentrada dos materiais secundários na cadeia produtiva em sistemas circulares. Legislações e regulações nacionais e transnacionais sobre REEE são urgentes à sustentabilidade planetária.

As legislações sobre resíduos, de forma geral, têm o propósito de desenvolver práticas eficientes, sustentáveis e seguras para os sistemas de coleta, reciclagem e manejo do lixo eletrônico (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017). As legislações relativas à gestão do resíduo eletrônico são importantes para regular as responsabilidades e ações das partes envolvidas, porém não garantem a eficácia da implantação das medidas. O desenvolvimento de políticas nacionais, regionais e locais para os REEE deve priorizar medidas que se alinhem à economia circular. Assim, a gestão de resíduos eletrônicos deixa de focar somente na coleta e reciclagem e passa a repensar o *design* do produto, com componentes mais duráveis, sustentáveis e mais fáceis de reciclar (BALDÉ et al., 2017; FORTI et al., 2020). Esses autores reconhecem que a diversidade dos componentes encontrados nos equipamentos eletrônicos e a falta de infraestrutura local para tratamento dos resíduos dificulta a implementação de políticas e ações para a gestão dos REEE, bem

como a própria padronização de políticas nacionais. As legislações devem se adequar ao local, dentro de padrões internacionais sustentáveis, com metas possíveis de serem alcançadas e aplicadas.

Os países da Europa é que possuem as legislações mais adiantadas em relação à gestão dos REEE, avançando como estratégia para a economia circular, seguidos pelos países da América do Norte, Ásia Oriental e Sul da Ásia. De outro lado, países de grande parte da África, Ásia Central, Caribe e Polinésia carecem de alguma legislação nacional relativas aos resíduos eletrônicos (BALDÉ et al., 2017). Mas, mesmo nos países da Europa, pertencentes à União Europeia, que determinaram uma meta de reciclagem de 65% dos produtos eletrônicos colocados no mercado há disparidade nos resultados da aplicação, variando de 12% em Malta a 82% na Estônia (FORTI et al., 2020).

A maioria das legislações nacionais se baseia no princípio da Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsibility - EPR*), no qual os fabricantes, dono de marcas e importadores são responsáveis por todo ciclo de vida do produto, incluindo a gestão de fim de vida (BALDÉ et al., 2017; XAVIER; OTTONI; LEPAWSKY, 2021). Essa designação de responsabilidade pode ser cumprida de forma individual, onde cada produtor é responsável pelos seus produtos, ou de forma coletiva, no qual produtores em conjunto se responsabilizam por uma classe de produtos. Quanto mais próximo da responsabilidade individual, maior a probabilidade de o produtor repensar seus produtos para além da coleta e reciclagem, aperfeiçoando para o *eco-design* dos produtos, que garantam maior utilização e preservação dos materiais para reutilização, remanufatura e reciclagem da maior quantidade possível de materiais (BALDÉ et al., 2017).

Outra modalidade de estratégia de responsabilização de gestão de resíduos empregada em políticas e legislações nacionais, regionais e locais é o Gerenciamento de Produtos (*Product stewardship*), em que agências públicas ou organizações, definidas em lei ou voluntárias administram a gestão dos resíduos eletrônicos. Nesse caso, os produtores não têm a responsabilização direta sobre a gestão dos resíduos (XAVIER; OTTONI; LEPAWSKY, 2021). Na modalidade de Responsabilidade Compartilhada (*Shared responsibility - SR*), a gestão dos resíduos é administrada pelos governos municipais ou por outros órgãos públicos, no qual é atribuída a todas as partes envolvidas diferentes níveis de responsabilização, sejam produtores,

importadores, distribuidores, comerciantes, governos e consumidores (GUIMARÃES; RIBEIRO, 2016; XAVIER; OTTONI; LEPAWSKY, 2021).

Como estratégia nacional de gestão de resíduos a União Europeia passou a tomar medidas mais representativas ao uso sustentável dos recursos naturais e à gestão dos resíduos a partir de 2000, instituindo legislações sobre uso dos recursos, *eco-design* dos produtos, sistemas de produção mais limpos, reaproveitamento dos materiais secundários, redução e reciclagem dos resíduos e ações voltadas à conscientização da sociedade para o consumo responsável e sustentável (MILIOS, 2018). A Diretiva 2002/96 instituída em 27 de janeiro de 2003 pelo Parlamento e Conselho Europeu inovou ao estabelecer regulamentações acerca dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). As Diretivas REEE (*WEEE Directive*) tem a finalidade de cooperar com a produção e consumo sustentáveis ao estabelecer normas e metas a prevenção de REEE, ao uso eficiente dos recursos naturais, responsabilidade do produtor na recuperação dos materiais secundários através da reutilização e reciclagem, melhorar o desempenho das partes envolvidas no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos e coibir as exportações ilegais. Em adição, a Diretiva RoHS (*Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*) restringe o uso e a substituição de certas substâncias perigosas ao meio ambiente e à saúde humana nos EEE como os retardadores de chama e plastificantes, além de viabilizar resíduos recicláveis (EUROPEAN COMMISSION, 2021, *online*). As Diretivas WEEE e RoHS servem de base aos planos nacionais de cada Estado-Membro (XAVIER; OTTONI; LEPAWSKY, 2021), bem como é utilizado de base para legislações de outros países e regiões (ZENG et al., 2017).

Em 2015, a Comissão Europeia lançou o COM/2015/0614 - *Closing the loop: An EU action plan for the Circular Economy* (Fechando o ciclo - Um plano de ação da UE para a economia circular). Em 2019, a Comissão anunciou o plano *European Green Deal Circular Economy Action Plan*, traduzido como Pacto Ecológico Europeu. Nesse plano, a União Europeia reforça medidas alinhadas a economia circular para todo o ciclo de vida do produto e busca integrar as responsabilidades e participações entre todas as partes envolvidas, priorizando políticas que garantam a produção de produtos sustentáveis ao mercado, com maior durabilidade e facilidade de reparo, reutilização e reciclagem, capacitação dos consumidores e; define o setor da eletrônica e tecnologia da informação e comunicação (TIC) como área prioritária de atuação para a circularidade dos materiais (EUROPEAN COMMISSION, 2021,

online). Segundo Forti et al. (2020), a Europa possui uma legislação e infraestrutura de gestão dos resíduos eletrônicos bem desenvolvida. A coleta, separação e tratamento dos resíduos eletrônicos nas cidades são operados por empresas privadas dentro de normas e práticas ambientalmente corretas. Em 2019, foram coletados e reciclados oficialmente cerca de 5,1 Mt de REEE, 42,5% dos 12 Mt de REEE gerados, sendo os maiores percentuais entre continentes do mundo.

A Diretiva Europeia inspirou políticas para a gestão dos resíduos em vários países da Ásia (PATIL; RAMAKRISHNA, 2020). Porém, o Japão foi um dos primeiros países do mundo a adotar legislações para a gestão dos resíduos e a aplicar a estratégia para a gestão dos REEE da Responsabilidade Estendida ao Produtor, empregando os princípios da economia circular dos 3Rs - reduzir, reutilizar e reciclar e; promovendo políticas e ações para uma sociedade sustentável (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 2012; MINISTRY OF THE ENVIRONMENT GOVERNMENT OF JAPAN, 2020; FORTI et al, 2020). O país constituiu um arcabouço legal robusto e uma infraestrutura avançada e formal de coleta e tratamento do resíduo eletrônico (FORTI et al., 2020). A legislação para a responsabilização da gestão dos REEE conta com duas leis centrais: a primeira é a Lei para a Promoção da Utilização Efetiva de Recursos, que é similar ao princípio da Responsabilidade Estendida ao Produtor e a segunda lei legisla sobre a Reciclagem de Tipos Específicos de Eletrodomésticos. Esta lei institui normas mais rígidas de reciclagem aos consumidores e produtores. A partir de 2003, por exemplo, são cobradas taxas de reciclagem na compra de computadores. Em 2016 o Japão coletou por meios formais 570,3 kt de REEE (FORTI et al., 2020).

De outra parte, a China fortaleceu sua estrutura legal para a gestão dos REEE a partir dos anos 2000, embora já possuísse legislação acerca da maximização dos recursos naturais e gestão dos resíduos (CUI; ZHANG, 2018; ZHU et al., 2019). Em 2008, o governo chinês instituiu a Lei de Promoção da Economia Circular no país, que se tornou a estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável (GUO et al., 2017; MCDOWALL et al., 2017; FAN; FANG, 2020). De acordo com Tong et al.(2018), a China já é o maior produtor e consumidor de eletrônicos. De outra parte, Forti et al. (2020) frisam que em 2019, o país gerou 10,1 Mt de resíduo eletrônico, sendo o maior produtor de resíduos eletrônicos do mundo. Contudo, a China vem se destacando em políticas e programas de reutilização e reciclagem, bem como no avanço da infraestrutura formal para tratamento dos resíduos. A meta do governo chinês é que

os novos equipamentos eletrônicos utilizem 20% de materiais secundários e 50% do lixo eletrônico seja reciclado até 2025. Atualmente, a taxa de coleta e reciclagem é de cerca de 15%.

Em 2011, a China instaurou o Regulamento de Gestão sobre Reciclagem de Resíduos de Produtos Elétricos e Eletrônicos (ZHOU; ZHENG; HUANG, 2017; TONG et al., 2018) e em 2012 adotou a estratégia de Responsabilidade Estendida ao Produtor repassando aos produtores os custos e a reciclagem dos REEE e determinando a utilização dos materiais secundários em novos produtos (ZHOU; ZHENG; HUANG, 2017; PATIL; RAMAKRISHNA, 2020). Em paralelo, o governo nacional instituiu uma estrutura de fundos que provêm dos produtores e do governo para subsidiar a implementação de recicladores formais e qualificados em redes de reciclagem autossuficientes a nível provincial (ZHOU; ZHENG; HUANG, 2017; TONG et al., 2018; ZHAO; BAI, 2021). Porém, mesmo tendo o forte comprometimento do governo nacional aos objetivos da Responsabilidade Estendida ao Produtor de promover o descarte sustentável e incentivar os consumidores ao descarte dos REEE a recicladores formais, os recicladores informais e não-qualificados continuam a coexistir com a reciclagem formal (ZHOU; ZHENG; HUANG, 2017; TONG et al., 2018). Desta forma, as usinas de reciclagem compram em grande monta os resíduos separados na reciclagem informal, enquanto essa os coleta e transporta (TONG et al., 2018). A partir de 2017, a China iniciou o cronograma de proibição da importação do lixo eletrônico e de programas de gestão nacional e provincial do resíduo produzido internamente, que incluem a redução e reciclagem do resíduo, formalização e padronização da reciclagem (PATIL; RAMAKRISHNA, 2020).

Já nos Estados Unidos não há uma legislação nacional para o gerenciamento dos resíduos eletrônicos. Entretanto, 25 Estados possuem leis que regulam de alguma forma a gestão desses resíduos, o que alcança cerca de 75 a 80% da população do país. A maioria desses Estados aplica a estratégia de gestão da Responsabilidade Estendida ao Produtor, mas cada Estado define sua forma de coleta, reciclagem e descarte. A nível nacional, o governo federal adota políticas regulatórias como a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos, que determina a gestão dos resíduos a certas categorias de EEE (FORTI et al., 2020). Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency – EPA, 2021, *online*), o país atua conforme a Estratégia Nacional de Administração de Eletrônicos do governo dos Estados Unidos, a gestão dos REEE se

dá em todo ciclo de vida dos equipamentos e trabalha em parcerias com outras nações na gestão do lixo eletrônico.

A Índia, que somado aos Estados Unidos e a China respondem por cerca de 38% do descarte mundial de REEE, possui legislação específica à gestão de REEE a partir de 2010. Anteriormente o país já legislava sobre a gestão, manuseio e transporte dos resíduos classificados como perigosos (AWASTHI et al., 2018). Em 2011, o país institui a regulamentação para a gestão dos resíduos eletrônicos, na qual busca responsabilizar todas as partes envolvidas na produção, venda e compra dos EEE, bem como na coleta e reciclagem dos REEE, empregando a Responsabilidade Estendida ao Produtor (AWASTHI et al., 2018; FORTI et al., 2020; ARYA; KUMAR, 2020). Essas legislações foram atualizadas em 2016 e 2018, com o propósito de adequá-las à realidade e torná-las mais efetivas, ambientalmente seguras e saudáveis (AWASTHI et al., 2018; TURAGA et al., 2019; ARYA; KUMAR, 2020). Nesse período, a Índia valida a atividade das Producer Responsibility Organization (PRO), que são organizações autorizadas a assumir a responsabilidade da coleta e tratamento adequado dos resíduos eletrônicos (ARYA; KUMAR, 2020).

A Índia, como a maioria dos países em desenvolvimento, tem o desafio de formalizar a gestão dos REEE, preponderantemente realizado pelo setor informal. Estima-se que a Índia tenha 90% dos REEE processados pelo setor informal (TURAGA et al., 2019). Contudo, Turaga et al. (2019) e Forti et al. (2020) argumentam que a implementação das legislações e regulamentações conferem maior visibilidade às questões dos REEE no país e impulsionam o estabelecimento de empresas formais ligadas à gestão dos resíduos, além de exigir maior comprometimento de toda a cadeia produtiva dos EEE.

Os países vêm avançando ao longo do tempo em legislações específicas ao REEE, seja na sua prevenção, reutilização, remanufatura e reciclagem dentro de padrões seguros e saudáveis ao ambiente e à saúde humana. Cabe observar que não se pode afirmar que determinado país não é coberto por legislações de resíduo eletrônico sem antes analisar leis e regulamentações vigentes sobre resíduos.

O Brasil, por exemplo, que é grande produtor de eletroeletrônicos instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010 através da Lei Nº 12.305, legislando entre outros sobre a aplicação da responsabilização pelo ciclo de vida do produto como da Responsabilidade Compartilhada e da obrigação do sistema de logística reversa dos produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010;

LOPES DOS SANTOS, 2020). Em 2019, foi assinado o Acordo Setorial para a Implantação do Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes entre o governo federal, produtores, distribuidores e a Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional - Green Eletron. Esse Acordo Setorial transformou-se no Decreto Nº 10.240 em 2020. De forma similar à outros países em desenvolvimento, o setor informal é representativo na coleta e reciclagem dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Sintetizando, o Quadro 13 apresenta as principais características relacionadas a gestão dos REEE nos países desenvolvidos e em desenvolvimento exemplificados nesse estudo, grandes produtores e geradores de resíduos eletrônicos.

Quadro 13 – Gestão de REEE: União Europeia, Japão, China, Estados Unidos, Índia e Brasil

Países	**Ano de início, políticas e características da gestão dos REEE**
União Europeia (países desenvolvidos)	2002. Diretivas Weee e RoHS. Planos da Comissão Europeia para a Economia Circular. Responsabilidade do produtor. Coleta e tratamento de resíduos formalizado e operada por empresas privadas.
Japão (país desenvolvido)	2001. Princípios da economia circular dos 3Rs. Programas para a sociedade sustentável. Responsabilidade estendida ao produtor. Coleta e tratamento de resíduos formalizado.
Estados Unidos (país desenvolvido)	Os Estados do país têm políticas próprias para a gestão dos REEE. À nível nacional há regulação à certas substâncias. A maioria dos Estados aplica a Responsabilidade estendida ao produtor.
China (país em desenvolvimento)	2008. Economia circular como estratégia de desenvolvimento sustentável. Proibição da importação do resíduo eletrônico. Responsabilidade estendida ao produtor. Fundos que subsidiam redes de reciclagem a nível provincial. Coleta e tratamento de resíduos formal e informal.
Índia (país em desenvolvimento)	2011. Normas para a gestão e manuseio de REEE. Detalhamento das responsabilidades das partes envolvidas da cadeia produtiva. Responsabilidade estendida ao produtor. Validação de organizações autorizadas a assumir a responsabilidade da coleta e tratamento resíduos eletrônicos. Coleta e tratamento de resíduos formal e informal.
Brasil	2010.

(país em desenvolvimento)	Política nacional de resíduos sólidos. Acordo setorial e decreto presidencial para Implantação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Responsabilidade compartilhada. Validação de empresa gestora nacional para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Coleta e tratamento de resíduos formal e informal.

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se no Quadro 13 que os países desenvolvidos exemplificados no estudo iniciaram a aplicação de políticas nacionais relacionadas a gestão dos REEE no início dos anos 2000, enquanto os países em desenvolvimento iniciaram por volta dos anos de 2010, a exceção dos Estados Unidos que mantem a autonomia dos Estados em relação do tema. A maioria dos países emprega a estratégia de responsabilidade estendida ao produtor, sendo que o Brasil adota a responsabilidade compartilhada, mas com foco na logística reversa. A coleta e tratamento de resíduos nos países desenvolvidos são predominantemente formalizados ao passo que nos países em desenvolvimento percentual significativo da coleta e tratamento de REEE é processado pelo setor informal. Percebe-se no Japão e nos países desenvolvidos da União Europeia, que as políticas para a gestão dos resíduos eletrônicos estão mais adiantadas e servem de exemplo a outros países como a China. Nestes países a gestão dos REEE avançam para a implementação da economia circular, com uma visão holística de sociedade sustentável. Nos países em desenvolvimento a atenção aponta em um primeiro momento para o manejo adequado dos resíduos perigosos e depois para formalizar e qualificar os sistemas de logística reversa. A gestão dos REEE como uma das estratégias de implantação da economia circular se associa a conceitos fundamentais à sustentabilidade da cadeira produtiva e do ciclo de vida dos produtos com o *eco-design*, a produção mais limpa e a logística reversa, pois é fundamental aplicar os métodos mais eficientes à cadeia produtiva e que garantam a economicidade do processo.

2.4.5 *Ecodesign*, produção mais limpa e logística reversa

A incorporação do conceito *ecodesign* é substancial a setores da economia cujos produtos apresentam curto ciclo de vida e que materiais utilizados podem causar danos ao meio ambiente e à saúde dos seres vivos, como é o caso do setor de equipamentos elétricos e eletrônicos (MICHEAUX; AGGERI, 2021). Além disso, o

design dos EEE são dos mais complexos, podendo utilizar até 69 elementos da tabela periódica, empregando metais preciosos (ouro, prata, cobre, platina, paládio, rutênio, ródio, irídio e ósmio), materiais críticos (cobalto, paládio, índio, germânio, bismuto e antimônio) e materiais não críticos (alumínio e ferro). Desse modo, o setor de reciclagem de REEE continuamente é desafiado pela necessidade de novas técnicas seguras e economicamente viáveis de reciclagem, seja pelo uso disperso de componentes ou por produtos não projetados para o desmonte, reuso e reciclagem (FORTI *et al.,* 2020).

A aplicação estratégica do *ecodesign* vai além do objetivo primário de identificar, avaliar e mitigar os impactos ambientais para incorporar princípios da economia circular, onde se incluem ações de: utilizar materiais reciclados, secundários e mais ecológicos; empregar o menor número viável de componentes e de plásticos; melhorar a eficiência energética dos materiais e produtos; prolongar a vida útil dos produtos; permitir o reparo dos produtos; adequar o produto para o desmonte e a reciclagem; remover materiais perigosos e poluentes do produto, além de projetar processos de produção, distribuição e consumo mais limpos e sustentáveis (GU et al., 2017; KAPURAN, 2018; MICHEAUX; AGGERI, 2021). A União Europeia, por exemplo, adota desde 2005, diretivas que estabelecem regras para o *ecodesign* de produtos que consomem energia, entre eles há vários EEE. Os requisitos têm o objetivo de melhorar o desempenho ambiental desses equipamentos (EUROPEAN COMMISSION, 2021, *online*).

Os benefícios da aplicação do conceito do *ecodesign* se estendem à redução de matérias-primas e energia para a produção dos produtos, otimização da gestão de custos, aprimoramento das tecnologias de produção, utilização do *ecodesign* em diferencial de mercado e cumprimento das leis e certificações ambientais (KAPURAN, 2018). Para tal, essa autora apresenta as seguintes estratégias de implementação do *ecodesign*: (i) análise detalhada do ciclo de vida do produto, identificando os impactos diretos e indiretos do produto no meio ambiente e social; (ii) seleção de materiais, processo produtivo e o *design* final do produto, introduzindo o conceito sustentável ao desenvolvimento do produto e da embalagem. Nesse sentido, o conceito do *ecodesign* engloba também a seleção das tecnologias para a produção, eficiência dos componentes dos produtos, meios de distribuição, maximização do uso do produto, assim como a gestão do final de vida do produto, otimizando todas as etapas do ciclo de vida do produto sob o enfoque da sustentabilidade.

Micheaux e Aggeri (2021) acrescentam que quanto mais coletivas forem as ideias do *ecodesign* mais sustentável será a cadeia produtiva, tanto interno à empresa quanto ao mercado que está inserida. “A escala do que estamos projetando mudou de produtos para empresas e sistemas econômicos. [...] Para quem estamos projetando se expandiu de um usuário solitário para uma rede de pessoas intimamente conectadas, abrangendo todo o mundo.” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021, *online*, tradução nossa).

Nessa perspectiva, autores e organizações consideram a abordagem do *ecodesign* dos produtos para o *design* circular, no qual o *design* dos produtos se amplia para uma visão holística de cenários, formatando-o para sistemas circulares, em que resíduos são reinseridos na cadeia de suprimentos e não descartados (MORENO et al., 2016; DEN HOLLANDER; BAKKER; HULTINK, 2017; WASTLING; CHARNLEY; MORENO, 2018; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, *online*, 2021). Essas fontes destacam a necessidade do *design* circular dos produtos permanecer atento as mudanças de tendências de consumo dos usuários, que ocorrem em velocidade cada vez maior. Exemplificando, usuários deixam de adquirir determinados EEE para alugá-los quando necessário, o que altera toda a concepção de um equipamento, exigindo à primeira vista, que sejam mais duráveis e de fácil manuseio.

Em consonância aos objetivos do *ecodesign,* a produção mais limpa (P+L) (*cleaner production*) propõe uma metodologia no qual busca a otimização dos processos produtivos e a redução dos custos envolvidos, através da análise de todos os processos e produtos empregados na cadeia produtiva. A atuação preventiva no processo produtivo visa a eliminação de qualquer forma de desperdício (material, energia), reduzindo o consumo de matérias-primas e a geração de resíduos, contendo os impactos da produção no meio ambiente e social (ALVES; OLIVEIRA, 2007; SILVA; MORAES; MACHADO, 2015; HENS et al., 2018).

De acordo com Silva, Moraes e Machado (2015), o princípio fundamental da metodologia P+L é eliminar o desperdício e os resíduos durante o processo de produção, não no final. Todos os resíduos gerados em uma empresa foram adquiridos em dado momento com recursos financeiros e consumiram outros custos para transformá-los como água, energia e mão-de-obra, além de despender mais recursos financeiros para armazenar e tratar os resíduos gerados. Esses autores destacam que a aplicação da P+L permite a agregação de valor aos produtos e serviços, mas

seu sucesso depende da capacitação e qualificação da mão-de-obra para práticas produtivas mais sustentáveis e economicamente viáveis.

Os resíduos tomam duas frentes de atuação na P+L. A primeira visa sua redução, seja na fonte ou pela reciclagem interna, alterando o processo ou o produto, substituindo materiais e tecnologias. A segunda visa a reutilização, seja pela remanufatura ou reciclagem externa dos materiais. Os benefícios da produção mais limpa são percebidos em resultados tanto tangíveis como intangíveis. Os resultados tangíveis são mensurados na soma de inovações tecnológicas, vantagens comerciais em financiamentos, seguros e acesso à fornecedores seletivos, redução de custos, oportunidades de novos negócios, mitigação dos riscos e encargos ambientais, redução das emissões de poluentes. Os resultados intangíveis são percebidos pelo crescimento econômico mais sustentável, no avanço da qualidade ambiental e das condições de trabalho do processo produtivo, na motivação dos colaboradores, na indução à inovação interna, na melhora da imagem do produto e da empresa no mercado em que atua (ALVES; OLIVEIRA, 2007).

Hens et al. (2018) esclarecem que sistemas de P+L empregam tecnologias mais limpas, que extraem e usam os recursos naturais da forma mais eficiente possível em todas as fases do processo produtivo e geram produtos duráveis, reparáveis e com materiais recicláveis, com o menor impacto ambiental e social possível. Esses autores argumentam que os princípios da produção mais limpa também incorporam os princípios da responsabilidade social corporativa, na qual a empresa também deve atuar na promoção dos direitos humanos, da ética e no desenvolvimento da comunidade em que está inserida. Gortz e Nascimento (2016), acrescentam que o desafio da aplicação de conceitos eco eficientes vão além do *design* e dos sistemas produtivos, buscando entender e alterar os padrões de consumo da sociedade.

Rajput e Singh (2020) e Shayganmehr et al. (2021) apresentam que os mercados atuais, cada vez mais globalizados, exigem das empresas processos produtivos inteligentes, que sejam flexíveis e confiáveis, com alta qualidade e baixo custo. O conceito da Indústria 4.0 fornece os fundamentos para a transformação digital da cadeia produtiva com o uso, por exemplo, de Big Data e IoTs. Os sistemas inteligentes (*smart systems*) baseados em dados exatos conectados em redes conferem precisão e eficiência a processos de produção mais limpos e circulares. Shayganmehr et al. (2021) explicam que as abordagens da Indústria 4.0 permitem

integrar o conceito da produção mais limpa com o da economia circular na busca da sustentabilidade. As tecnologias da Indústria 4.0 viabilizam a tomada de decisões mais rápidas e assertivas na maximização da eficiência dos processos produtivos, na redução do uso de recursos, otimização de processos, diminuição de resíduos e dos impactos ambientais, auxiliando na reutilização, remanufatura e reciclagem dos materiais. A conjunção da Indústria 4.0, produção mais limpa e economia circular criam oportunidades de negócios éticos e sustentáveis, com processos produtivos eficientes e melhoria da gestão ambiental.

Contudo, os ciclos fechados de materiais na economia circular dependem de processos que estruturem e viabilizem o retorno dos resíduos como suprimentos à cadeia produtiva. As estruturas reversas das cadeias de suprimentos (*reverse supply chain*) e a logística reversa (*reverse logistic*) compõem os processos necessários à gestão de resíduos alinhados aos sistemas circulares (GHISOLFI *et al*., 2017; ISLAM; HUDA, 2018; ISERNIA *et al.,* 2019).

Estruturas reversas de cadeias de suprimentos (*reverse supply chain*) são definidas como a gestão eficiente das atividades e estruturas essenciais a fim de recuperar os produtos do consumidor final seja para o reaproveitamento dos materiais ou para o descarte adequado. Essas estruturas são compostas por cinco atividades principais: aquisição, logística reversa, inspeção e arranjo, recondicionamento, distribuição e venda (ISERNIA *et al.,* 2019). A logística reversa é um secionamento da logística responsável pelo fluxo reverso dos produtos em final de vida aos produtores para o reaproveitamento dos seus materiais ou o descarte ambientalmente adequado (SILVA; MORAES; MACHADO, 2015; ISLAM; HUDA, 2018; TOSARKANI; AMIN; ZOLFAGHARINIA, 2020). O fluxo reverso dos materiais engloba a atuação de vários atores como coletores, transportadores e recicladores em infraestruturas de pontos de coleta, centros de reciclagem, de reparos, de remanufatura e de descarte. O propósito destes integram o objetivo central da gestão dos resíduos de redução, reuso e reciclagem dos materiais (ISLAM; HUDA, 2018; TOSARKANI; AMIN; ZOLFAGHARINIA, 2020).

O crescimento vertiginoso dos montantes de REEE contendo, por vezes, substâncias perigosas, mas também valiosas, tem incitado governos nacionais e regionais a aplicar medidas de responsabilização da gestão desses resíduos. Um exemplo é a Responsabilidade Estendida ao Produtor que emprega sistemas de logística reversa de EEE em fim de vida, oportunizando a reciclagem e

reaproveitamento de materiais dos REEE, reduzindo a utilização de novos recursos finitos e sendo economicamente viáveis (ISLAM; HUDA, 2018; ISERNIA *et al.,* 2019). Porém, sistemas circulares e de logística reversa demandam soluções em redes de ciclo fechado, viabilidade econômica de pontos de coleta e reciclagem, mercado secundário, serviços de pós-venda (ISLAM; HUDA, 2018), técnicas de recuperação dos materiais, qualificação de mão de obra e de projetos ambientalmente seguros. Isernia *et al.* (2019) observam que os sistemas de logística reversa possuem forte congruência de objetivos e características aos sistemas da economia circular. Ambos visam o desenvolvimento socioeconômico sustentável, evidenciam aspectos econômicos que englobam cuidados com o meio ambiente e a gestão dos resíduos com objetivos de ciclos de reparo, reuso, reciclagem e descarte adequado.

Nesse âmbito, percebe-se que tanto países desenvolvidos como da União Europeia quanto países em desenvolvimento como China, México e Brasil iniciaram as regulamentações nacionais e regionais por sistemas de logística reversa com enfoque na reciclagem dos materiais, avançando posteriormente para legislações que recaiam sobre o *design* dos produtos, regulando o uso de substâncias perigosas nos novos EEE inseridos no mercado, seguindo para estágios mais avançados de sistemas produtivos circulares.

A reciclagem de REEE em países desenvolvidos é realizada em grande parte por atividades formais, enquanto em países em desenvolvimento as atividades informais dominam a reciclagem, principalmente em suas primeiras tarefas de coleta e separação dos resíduos eletrônicos (TONG *et al.,* 2018; LOPES DOS SANTOS, 2020; FORTI *et al.*, 2020). A existência do setor informal de reciclagem, bem como suas precárias condições de trabalho devem ser consideradas em planos nacionais de logística reversa, que versem sobre metas de reciclagem e sobre a inclusão dos setores informais, qualificando os trabalhadores e as atividades desenvolvidas por estes, viabilizando sua entrada nos sistemas formalizados de forma gradual. O governo chinês, por exemplo, conforme já citado, aplica recursos de um fundo formado por empresas da cadeia produtiva dos EEE e pelo governo nacional na qualificação e na formalização das atividades informais da reciclagem (TONG *et al*., 2018). Forti *et al.* (2020) salientam que os custos técnicos e legais da reciclagem formal dificultam a migração das atividades informais para o mercado formalizado.

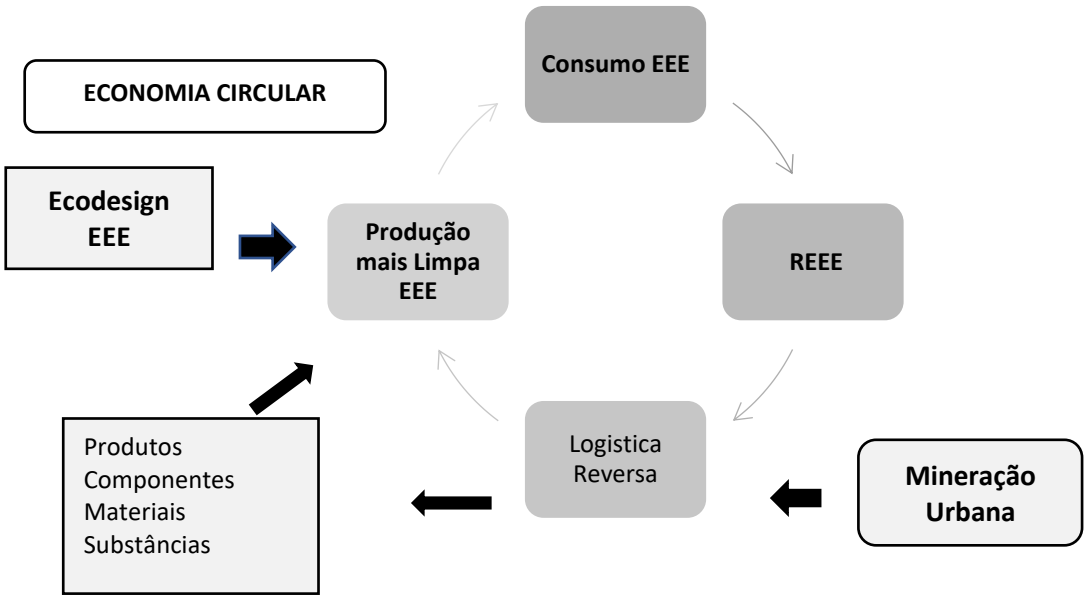
Tong, Tao e Lifset (2018) argumentam que as legislações que impõem regulamentações sobre o mercado de reciclagem promovem o surgimento de novos

modelos de negócio desde a coleta seletiva por programas comunitários e sistemas de logística reversa até soluções informatizadas entre consumidores e recicladores. Esses autores salientam que os novos modelos de negócio voltados a reciclagem surgem aliados às tecnologias da internet como meio de facilitar, agilizar e garantir qualidade aos processos e produtos envolvidos.

Nesse contexto, "[...] as cidades representam espaços cruciais para a compreensão da lógica do consumo e da produção de resíduos nas sociedades contemporâneas" (LOPES DOS SANTOS, 2020, p.59, tradução nossa). Cidades e regiões apresentam resultados positivos e diferenciados quando são adotados ações e investimentos locais apropriados. Legislações nacionais sobre os REEE apoiadas por iniciativas locais que visem a sensibilização da sociedade, investimentos em infraestrutura para a coleta de REEE aliada à distribuição regional de centros de reciclagem demonstram perfazer efeitos positivos aos sistemas nacionais de logística reversa de REEE (ISERNIA *et al.,* 2019).

Ottoni, Dias e Xavier (2020), Lopes dos Santos (2020) destacam a relevância das operações da mineração urbana para conter o esgotamento de recursos e reduzir o volume de REEE nas cidades e territórios. Ottoni, Dias e Xavier (2020) justificam que a mineração urbana se fundamenta nos sistemas circulares da economia circular, no qual os produtos retornam a cadeia de suprimentos de EEE por meio de operações de logística cíclica. A Figura 17 sintetiza fluxos circulares com a interface da mineração urbana.

Figura 17 - Economia circular: equipamentos elétricos eletrônicos



Fonte: Adaptado de Ottoni, Dias e Xavier (2020)

Identifica-se que os sistemas circulares aplicados a cadeia produtiva dos EEE iniciam com projetos de produtos que possam retornar ao ciclo em processos produtos mais ecológicos, sustentáveis. Após o consumo e descarte dos EEE em fim de vida, as operações de mineração urbana agem sobre os REEE e por meio da logística reversa as matérias-primas secundárias retornam à cadeia de suprimentos dos processos produtivos em forma de produtos, componentes, materiais ou substâncias. Para cada categoria de retorno são empregados diferentes custos e técnicas. A adoção de abordagens da economia circular à gestão dos REEE pode resultar em benefícios econômicos, sociais e ambientais ao território.

A aplicação dos conceitos de sustentabilidade e da economia circular à gestão dos REEE abrem caminhos à conservação dos recursos naturais, à valorização e reaproveitamento dos materiais secundários e à redução dos impactos ambientais e sociais (GU *et al.* 2017; ISLAM; HUDA, 2018; DA SILVA, 2019). Porém, é necessário controlar e aprimorar o manejo dos materiais secundários, sobretudo dos tóxicos e perigosos, priorizando sua substituição por materiais mais sustentáveis (GU *et al.,* 2017; KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017). Gu *et al.* (2017) enfatiza que se deve mirar na redução da massa e na extensão da vida útil dos EEE. Os autores enfatizam que é preciso investimentos em pesquisas para reduzir o uso de substâncias tóxicas, promovam o *ecodesign*, a reciclagem de materiais e processos produtivos mais sustentáveis.

Andersen (2021) argumenta que os EEE e suas cadeias de suprimento, produção e de logística estão se tornando cada vez mais digitalizadas e podem ser utilizadas para avançar na circularidade dos processos, ainda pouco empregadas. Conforme Schroeder, Anggraeni e Weber (2019), o desenvolvimento de tecnologias que reparem os produtos eletrônicos, como por exemplo os telefones celulares, ainda que não resultem em grandes volumes, são de grande valia aos consumidores que não possuem a renda necessária para comprar novos celulares, oportunizando o acesso à informação digital e a preservação do meio ambiente.

Baldé *et al.* (2017) e Forti *et al.* (2020) argumentam que o objetivo da maioria das legislações está centrado na coleta e reciclagem e em sua viabilidade econômica, paralelo a programas ambientais e sociais seguros, enquanto regulamentações centradas na redução do resíduo eletrônico, na reparação e reutilização dos equipamentos estão limitadas a poucas experiências.

Gollakota, Gautam e Shu (2020) acrescentam e enfatizam a necessidade inadiável da adoção de estratégias nacionais e locais de gestão dos REEE tanto por países desenvolvidos quanto por países em desenvolvimento. Esses autores relacionam dez questões centrais que comprometem a gestão eficaz dos REEE e apontam para intervenções prementes, sobretudo nos países em desenvolvimento: (i) integração dos setores formal e informal; (ii) registro de redes formalizadas; (iii) aplicação de leis rigorosas; (iv) movimentos transfronteiriços regulamentados; (v) responsabilização dos produtores; (vi) conscientização do consumidor; (vii) aprimoramento de projetos de *ecodesign*; (viii) investimentos em centros de reciclagem eficazes; (ix) instalações de descarte melhorados e (x) substituir as técnicas tradicionais por tecnologias mais ecológicas e sustentáveis integrados em sistemas em rede.

Além disso, a responsabilização de partes nos países em desenvolvimento enfrenta dificuldades adicionais de implementação dado a falta de infraestrutura para a coleta e tratamento dos REEE e que estejam em conformidade com as normas internacionais. Os autores defendem que as esferas de governo podem apoiar e viabilizar o aumento da infraestrutura necessária para a coleta e reciclagem, promover visões de mercado alinhadas à economia circular e fomentar o aproveitamento dos coletores e recicladores locais (BALDÉ *et al*., 2017; FORTI *et al.,* 2020).

Tong et al. (2018) e Andersen (2021) defende uma maior harmonização entre as partes e legislações relacionadas aos REEE. A produção dos EEE está centrada em grandes fabricantes mundiais, mas as legislações são nacionais e centradas na redução do resíduo e reciclagem. Mesmo na União Europeia as diretivas sobre REEE dependem de regulações nacionais. O autor também aponta que a política de Responsabilidade Estendida ao Produtor que utiliza Organizações Gestoras da Responsabilidade do Produtor mantém o foco nas metas de reciclagem, mas muitas vezes afasta os fabricantes de sua responsabilidade primeira de reduzir, reusar e reciclar os materiais em sistemas circulares. Todavia, Tong, Tao e Lifset (2018) ressaltam que a regulamentação da responsabilização do produtor desencadeia a formação de novos nichos de mercado voltados a reciclagem dos REEE, criando oportunidades de geração de renda, formalização do setor informal e inclusão social.

Baldé *et al.* (2017) e Forti *et al.* (2020) alertam que as regulamentações e legislações atuais ainda não cessaram o comércio e os movimentos transfronteiriços dos resíduos eletrônicos tóxicos e perigosos. Percentuais significativos de REEE dos

países desenvolvidos ou de países em desenvolvimento com economias emergentes, grandes produtores de EEE, ainda são descartados nos países em desenvolvimento, seja por exportações de equipamentos usados ou pelo comércio ilegal. Forti et al. (2020) relatam que cerca de 15% dos EEE usados da União Europeia são exportados para além do bloco. Kumar, Holuszko e Espinosa (2017) expõem que as parcerias e cooperações técnicas entre governos, produtores, importadores, distribuidores, órgãos de regulamentação nacionais e internacionais precisam atuar juntos para melhorar os sistemas de gestão de resíduos e reduzir o montante do lixo eletrônico. Da Silva, Weins e Potinkara (2019) propõem uma abordagem de políticas de gestão de resíduos de múltiplas partes interessadas que incluam as organizações informais.

A eficácia de legislações e de planos nacionais de gestão de REEE dependerá também da atribuição de responsabilidades ao conjunto de *stakeholders* que envolvem os produtores, consumidores e a sociedade. Forti *et al.* (2020) destacam que as legislações e sistemas de REEE devem conter princípios orientadores, que são expostos no Quadro 14.

Quadro 14- Princípios orientadores às legislações e sistemas de REEE

▪ Estabelecer uma estrutura legal clara para a coleta e a reciclagem de lixo eletrônico.
▪ Introduzir a responsabilidade estendida do produtor a fim de garantir que os produtores financiem a coleta e a reciclagem de lixo eletrônico.
▪ Aplicar a legislação para todas as partes envolvidas e fortalecer os mecanismos de monitoramento e conformidade em todo o país.
▪ Criar condições favoráveis de investimento para que recicladores experientes tragam o conhecimento técnico necessário para o país.
▪ Criar um sistema de licenciamento ou incentivo à certificação por meio de padrões internacionais de coleta e reciclagem.
▪ Se existir um sistema de coleta informal, usá-lo para coletar o lixo eletrônico e garantir que o lixo eletrônico seja enviado para recicladores licenciados por meio de incentivos
▪ Quando não houver instalações de processamento final locais para uma fração de lixo eletrônico, garantir acesso fácil e bom à instalações de tratamento licenciadas internacionalmente.
▪ Assegurar que os custos de operação do sistema sejam transparentes e estimule a competição no sistema de coleta e reciclagem para aumentar a eficácia de custos.
▪ Certificar que todas as partes envolvidas na coleta e reciclagem de lixo eletrônico estejam cientes dos impactos potenciais sobre o meio ambiente e a saúde humana, bem como as possíveis abordagens para o tratamento ambientalmente correto de lixo eletrônico.

▪ Criar consciência sobre os benefícios ambientais da reciclagem entre os consumidores e sociedade em geral.

Fonte: Forti *et al.* (2020, p.53)

Verifica-se que a orientação se estende a todas as partes envolvidas da sociedade. Nos sistemas de gestão de REEE, as responsabilidades, as estruturas e os processos devem ser transparentes, economicamente viáveis, socialmente inclusivos e ambientalmente seguros. Baseados nos princípios orientadores, Forti et al. (2020) defendem que as responsabilidades das partes envolvidas na gestão dos REEE devem ser claramente definidas nas normatizações, legislações e sistemas de gerenciamento do resíduo eletrônico em especial a: (i) definição dos objetivos e metas da legislação; (ii) função das esferas de governo municipal, estadual e nacional; (iii) alinhamento de conceitos nacionais como o de resíduos e o de produtor; (iv) atribuição clara das obrigações e responsabilidades de organizar e financiar a coleta e a reciclagem do resíduo eletrônico; (v) definição de uma estrutura de licenciamento para coletores e recicladores e da documentação a ser utilizada para garantir a conformidade do processo.

A gestão eficaz dos REEE, que reduza a geração, reutilize e recicle os resíduos contribui para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A questão do lixo eletrônico está relacionada à vários ODS, diretamente ao ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis e ao ODS 12 - Produção e consumo responsável, que destaca em sua meta 12.5 a redução da geração de resíduos, prevenindo, reduzindo, reciclando e reusando os materiais e; a meta 12.4 enfatiza o manejo adequado dos resíduos, em especial os químicos e perigosos. Indiretamente se relaciona ao ODS 8 - Trabalho decente e crescimento econômico, ODS 3 – Saúde e bem-estar, ODS 6 - Água potável e saneamento, ODS 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação e ao ODS 17 - Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 2021, *online*). Sintetizando, o Quadro 15 lista as principais e atuais discussões sobre o tema.

Quadro 15 - Dimensões dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

Dimensões abordadas	Tópicos abordados	Autores/Órgãos
Conceito e categorias	EEE ou suas partes em fim de vida, que foram descartados pelo proprietário são considerados como REEE (*e-waste).* Classificação de EEE e REEE segundo características em comum de linha de produção e de reciclagem.	Baldé et al. (2017), Xavier et al. (2017), Confederação Nacional da Indústria (2017), Kumar, Holuszko e Espinosa (2017), Ilankoon et al. (2018), Xavier, Ottoni e Nascimento (2019), Forti et al. (2020).
Panorama global dos REEE	Exposição sobre o cenário global dos REEE. São observados que os níveis de renda, os avanços da tecnologia e a urbanização influenciam na geração de REEE.	Baldé et al. (2017), Forti et al. (2020), United Nations (2021).
PIB, PIB per capita, população e urbanização	O aumento das rendas individuais e da urbanização aceleram mais a geração de REEE do que o crescimento do PIB e da população do país.	Kumar, Holuszko e Espinosa (2017), Kusch e Hills (2017), Forti et al. (2020)
Gestão dos REEE	Gestão dos riscos ambientais e à saúde humana, da viabilidade econômica, dos recursos finitos, do setor informal, da mineração urbana, do mercado secundário de materiais e do comércio ilegal.	Cossu e Williams (2015), Kumar, Holuszko, Espinosa (2017), Ilankoon et al. (2018), Da Silva, Weins e Potinkara (2019), Da Silva (2019), Forti et al. (2020), Ottoni, Días e Xavier (2020), United Nations (2021).
Legislação e características nos países desenvolvidos e em desenvolvimento	Predominância da gestão da responsabilidade estendida ao produtor em ambos os casos. Países desenvolvidos: leis específicas à gestão dos REEE a partir dos anos 2000 e avançam para regulamentações alinhadas à economia circular desde o início do ciclo produtivo. A coleta e tratamento são realizados por setores formais. Países em desenvolvimento: leis específicas à gestão dos REEE a partir do final dos anos 2000. Ênfase no manejo adequado de resíduos perigosos e na reciclagem dos materiais. A coleta e tratamento dos resíduos eletrônicos são realizados em grande parte por setores informais. *A China se destaca ao instituir a proibição da importação do resíduo eletrônico, no incentivo à qualificação e formalização do setor informal e ao empregar políticas à implementação da economia circular.	BRASIL- PNRS (2010), JICA (2012), Guimarães e Ribeiro (2016), Baldé et al. (2017), Kumar, Holuszko e Espinosa (2017), Guo et al. (2017), Mcdowall et al. (2017), Zhou, Zheng e Huang (2017), Milios (2018), Cui e Zhang (2018), Tong et al. (2018), Awasthi et al. (2018), Tong, Tao e Lifset (2018), Zhu et al. (2019), Turaga et al. (2019)Forti et al. (2020), Ministry of the Environment Government of Japan (2020), Patil e Ramakrishna (2020), Fan e Fang (2020), Arya e Kumar (2020), Xavier, Ottoni e Lepawsky (2021), European Commission (2021), U.S. – EPA (2021), Zhao e Bai (2021), Andersen (2021).
Ecodesign Produção mais limpa Logística reversa	Eco-design: projetos de EEE que abrangem substituir as matérias primas por materiais mais sustentáveis, reduzir o volume do produto e das embalagens, estender a vida útil dos produtos, projetar para o reuso, remanufatura e reciclagem.	Moreno et al. (2016), Gortz e Nascimento (2016), Den Hollander, Bakker e Hultink (2017), Gu et al. (2017), Kapuran (2018),
Ecodesign Produção mais limpa Logística reversa	Produção mais Limpa: otimização dos processos produtivos e a redução dos custos envolvidos. Uso das tecnologias avançadas para produzir EEE mais eficientes e sustentáveis e para promover o reaproveitamento dos REEE. Logística Reversa: fluxo reverso dos REEE aos produtores para o reaproveitamento dos seus	Wastling, Charnley e Moreno (2018), Forti et al. (2020), Micheaux e Aggeri (2021), European Commission (2021), Ellen Macarther Foundation (2021). Alves e Oliveira (2007), Silva, Moraes e Machado (2015), Hens

	materiais ou o descarte ambientalmente seguro.	et al. (2018), Rajput e Singh (2020), Shayganmehr et al. (2021). Silva, Moraes e Machado (2015), Ghisolfi et al. (2017), Islam e Huda (2018), Tong et al. (2018 Isernia et al. (2019), Lopes dos Santos 2020), Forti et al. (2020), Tosarkani, Amin e Zolfagharinia (2020),

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se que a partir do panorama global da geração de REEE, sua definição e categorização percebe-se questões contemporâneas desafiadoras acerca dos EEE e seus resíduos. O aumento da população, da urbanização e dos níveis de renda individual somados aos avanços tecnológicos que levam a ciclos de vida dos EEE mais curtos tornam a geração e o montante de REEE um problema mundial. Nota-se que a gestão dos REEE não se limita ao descarte adequado ao lixo eletrônico, mas demanda um repensar sobre o projeto dos equipamentos dentro do conceito do *eco-design*, de processos produtivos mais limpos e sustentáveis e o reaproveitamento dos materiais secundários advindos dos REEE em sistemas circulares, alinhados aos princípios da economia circular. Entretanto é preciso que os países atuem intensamente a jusante no nível internacional, nacional e local na gestão de operações de mineração urbana, do mercado secundário e na integração do setor formal e informal para coibir o comércio ilegal que impõem riscos ao meio ambiente e a saúde humana e implementar sistemas eficazes de reciclagem e descarte dos REEE, reduzindo os impactos ambientais e a pressão sobre as fontes finitas de recursos naturais.

Países desenvolvidos e sobretudo os países em desenvolvimento precisam avançar em legislações sobre a gestão dos REEE e no rigor da aplicação dessas leis. De igual forma, os governos nacionais em cooperação internacional devem acordar em exigências aos produtores mundiais de EEE por projetos de *eco-design* aprimorados e processos produtivos mais sustentáveis e alinhados à economia circular. Além disso, se faz necessário maior harmonização entre as legislações nacionais e locais aos tratados internacionais, assim como nas responsabilidades dos produtores e organizações gestoras da responsabilidade estendida ao produtor.

Em particular aos países em desenvolvimento, verifica-se a premência da integração dos setores formal e informal, pois este último é responsável por grande parte da coleta e tratamento dos resíduos eletroeletrônicos nesses países. Os

governos nacionais, regionais e locais em parcerias com as organizações privadas podem atuar nesse segmento viabilizando infraestruturas necessárias de reciclagem de REEE, agindo na conscientização dos consumidores, na qualificação e formalização de mão de obra como meio de meio de geração de renda, inclusão social e proteção ao meio ambiente.

Nesse sentido, as cidades, sobretudo as metrópoles, que são grandes geradoras de REEE, mas também detém a convergência das partes envolvidas na gestão dos resíduos podem atuar positivamente nos desafios impostos pela geração de REEE, refletindo de forma significativa nos resultados dos planos nacionais de gestão de resíduos.

À vista dessa perspectiva, embora estudos sobre REEE tenham se intensificado, Islam e Huda (2018) argumentam que são necessárias mais pesquisas empíricas com abordagens de cenários reais de redes integradas e/ou parciais de *design* e produção de EEE com a gestão de REEE. Esses autores também relatam lacunas de conhecimento sobre a interação dos setores formal e informal na coleta e reciclagem de REEE e da relação conjunta da gestão de REEE com as principais dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental.

Assim sendo, essa pesquisa de tese tem o objetivo central de propor um *framework* para o desenvolvimento de premissas de políticas e ações baseados nos princípios da economia circular aplicados nos REEE no ambiente urbano dos países do BRICS.

O agrupamento de países em blocos econômicos firmados por acordos internacionais como a União Europeia e o próprio BRICS, do qual o Brasil faz parte em conjunto com a China, Rússia, Índia e África do Sul vem viabilizando parcerias e cooperações multilaterais em torno de objetivos econômicos, mas também ambientais e sociais.

2.5 Panorama BRICS - Brasil, Rússia, Índia, China e África Do Sul

A menção à sigla BRICs foi formulada pelo banco de investimentos Goldman Sachs em 2001, ao se referir ao bloco econômico de países emergentes com grande potencial econômico: Brasil, Rússia, Índia e China, que ao lado dos Estados Unidos formariam as cinco maiores economias do século XXI. Os quatro países do BRICs tinham e tem em comum extenso território com uma grande população e portanto um

potencial mercado consumidor, mas também adquiriram destaque nos mercados mundiais pela produção de bens e serviços, com uma economia cada vez mais alinhada ao capitalismo global (ARMIJO, 2007; VIJAYAKUMAR; SRIDHARAN; RAO, 2010). À época, esses países começaram a atrair grandes fluxos de investimentos estrangeiros (*FDI - Foreign Direct Investment*). Os *FDI* são influenciados por fatores determinantes como tamanho do mercado, estabilidade econômica, perspectiva de crescimento, custo da mão de obra, infraestrutura, abertura dos mercados e valor da moeda (VIJAYAKUMAR; SRIDHARAN; RAO, 2010). Entre 2005 e 2010, Brasil, Rússia, Índia e China receberam cerca de 60% dos fluxos líquidos de capital destinados aos países em desenvolvimento de US $ 1.130 bilhões. Desse montante, a China recebeu cerca de 50% e a outra metade foi distribuída quase que igualmente entre os outros três países do grupo (POLLOCK; LEVENT, 2011).

Nesse contexto, o Goldman Sachs, em 2003, aponta para a África do Sul como sendo um país emergente em potencial alinhado aos BRICs. O país não tem as mesmas dimensões proporcionais de território e população, mas exerce forte influência no continente africano, possui mercado consumidor em potencial, tem abundância de recursos naturais, sistema financeiro e jurídico avançado, comunicação em rede e infraestrutura de energia e transporte. Tais determinantes tornaram a África do Sul, igualmente aos países do BRICs atraentes aos investimentos estrangeiros num mercado cada vez mais globalizado (VIJAYAKUMAR; SRIDHARAN; RAO, 2010).

Em 2006, os governantes dos países do BRICs, que compõem o quadro do G20 iniciaram interlocuções a fim de estabelecer parcerias e cooperações. Em 2009, é instituído o agrupamento diplomático político-econômico do BRICs e; em 2011, a África do Sul é incorporada ao grupo formando o BRICS, agora com o “s” em maiúsculo. Esses países têm em comum a forte influência política e econômica em sua localização continental e agrupados buscam maior expressão dentro da governança global. A soma dos cinco países equivale a cerca de 42% da população mundial, 30% do território do planeta, 23% do Produto Interno Bruto (PIB) global, 18% do total das relações comerciais mundiais (ITAMARATY, 2020, *online*; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2020, *online*), consomem quase 40% da energia mundial e são responsáveis por grande parcela das emissões globais dos gases de efeito estufa (DANISH; ULUCAK, 2020). Para Cooper e Stolte (2020) o aumento das relações informais na governança global permitiu a posição dualista da

China, Rússia, Índia, África do Sul e do Brasil. O acordo diplomático pelo agrupamento BRICS em paralelo ao G20 tem o objetivo de buscar maior influência no cenário internacional enquanto países emergentes, mas com grande potencial de crescimento. Esse propósito maior é o que justificam os BRICS cooperarem em trabalhos conjuntos, superando as diferenças entre seus intentos e identidades nacionais. Através de uma presidência rotativa, anualmente são realizados encontros de chefes de governo e de Estado, nos quais são discutidos, formatados e acordados tratados de cooperação alinhados aos interesses de cada nação e frente à ordem política e econômica global (ITAMARATY, 2020, *online*; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2020, *online*). As cooperações entre os países do BRICS estão interconectadas em cinco eixos principais: (i) econômico-financeira, (ii) saúde, (iii) ciência, tecnologia e inovação, (iv) segurança, (v) empresarial (ITAMARATY, 2020, *online*).

Na área econômico-financeira o objetivo é mover recursos para investir em infraestrutura e no desenvolvimento sustentável das nações do BRICS (ITAMARATY, 2020, *online*). Para tal, foi criado em 2014, o banco do BRICS – Novo Banco de Desenvolvimento (*NDB – New Development Bank*), que tem a missão de "[...] apoiar os esforços de infraestrutura e desenvolvimento sustentável nos BRICS e em outras economias emergentes carentes para um desenvolvimento mais rápido por meio de inovação e tecnologia de ponta [...]" em complemento aos investimentos das instituições financeiras multilaterais voltadas ao crescimento e desenvolvimento mundial. São exemplos de projetos financiados pelo NDB: energia limpa e renovável, infraestrutura e desenvolvimento urbano sustentável, saneamento, transporte, agricultura, educação, saúde e segurança social. Em 2020, em meio a pandemia do COVID-19, o banco passou a financiar programas de assistência emergencial aos países do BRICS. O Brasil obteve o empréstimo de USD 1 bilhão para o programa de assistência emergencial – COVID -19, a China USD 7 bilhões, Índia USD 1 bilhão e África do Sul USD 1 bilhão (NEW DEVELOPMENT BANK, 2020, *online*).

Na saúde, cooperações mais estruturadas iniciaram em 2011 com foco em problemas comuns às sociedades do BRICS, abrangendo doenças, serviços de saúde e acesso a medicamentos (ITAMARATY, 2020, *online*). Exemplo dessa parceria são as pesquisas, testagem e produção da vacina para o COVID -19 como a da empresa farmacêutica chinesa Sinovac e do instituto brasileiro Butantan (INSTITUTO BUTANTAN, 2020, *online*). Essas parcerias são resultado também do eixo de

colaborações do programa de ciência, tecnologia e inovação do BRICS, iniciado em 2014. Os objetivos desse eixo visam o intercâmbio entre os parques tecnológicos desses países. Os projetos multilaterais destinam-se às pesquisas básicas e aplicadas que promovam a inovação e valor agregado em áreas como a agricultura, energia, resíduos, medicina, tecnologia da informação e comunicação, entre outros. (ITAMARATY, 2020, *online*; BRICS STI FRAMEWORK PROGRAMME, 2020, *online*).

A aproximação dos mercados do BRICS é conduzida pelo Conselho Empresarial do BRICS (CEBRICS) instituído em 2013, cuja finalidade é oportunizar a prospecção de negócios entre os mercados do BRICS. O conselho se subdivide em grupos de trabalho que atuam em setores como o agronegócio, energia, infraestrutura, aviação, manufatura, financeiro, normalização de padrões técnicos e economia digital. Outra prioridade estabelecida pelo BRICS é a segurança internacional, sobretudo o combate aos atos ilícitos transnacionais (ITAMARATY, 2020, *online*).

A fim de melhor compreender a aliança BRICS para o desenvolvimento multilateral sustentável se faz necessário analisar, por meio de variáveis, indicadores e índices, dados relacionados à dimensão econômica, social, ambiental, como também ao sistema político desses países. Januzzi (2002, p. 55) expõe que o uso de indicadores "[...] informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão ocorrendo na mesma." Sen (2010) ressalta a importância da análise de indicadores econômicos em conjunto com a análise de indicadores sociais e ambientais para avaliar o desenvolvimento sustentável de uma nação. Para tal, os dados são analisados de forma individual ou em bloco e; quando pertinente, os dados do bloco são comparados a outros agrupamentos de países. A análise dos dados inicia-se pelo comparativo da população e seu crescimento populacional. Na dimensão econômica são examinados o Produto Interno Bruto (PIB), os fluxos de investimentos estrangeiros (*Foreign Direct Investment* - *F*DI) e o PIB per capita. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o IDH ajustado à desigualdade e a inclusão digital verificado pelo percentual da população com acesso à internet são relacionados a dimensão social. Na área ambiental são analisados os dados de saneamento básico, de acesso da população aos serviços de água potável e de esgotamento sanitário, as emissões de CO2 e a geração de resíduos dos países. O índice de percepção da corrupção é relacionado à dimensão política, pois estruturas políticas íntegras são fundamentais para processos de políticas públicas transparentes,

baseados em valores que tenham o bem do coletivo no centro das tomadas de decisão.

2.5.1 Dados socioeconômicos e ambientais do BRICS em análise

À princípio o agrupamento desses países não é algo evidente. Suas economias e políticas diferem, assim como suas tradições, culturas, línguas e moedas (ARMIJO, 2007). No entanto, a globalização e a desnacionalização dos mercados, a reorganização material da economia mundial, a ascensão dos países emergentes está redefinindo acordos de cooperação transnacionais e as relações de poder na governança global. Novas formas e centros de poder estão alterando a ordem global unipolar e formando alianças internacionais multilaterais. Nesse sentido, os países do BRICS tem o interesse em participar em relações funcionais comuns com a economia global (STEPHEN, 2014).

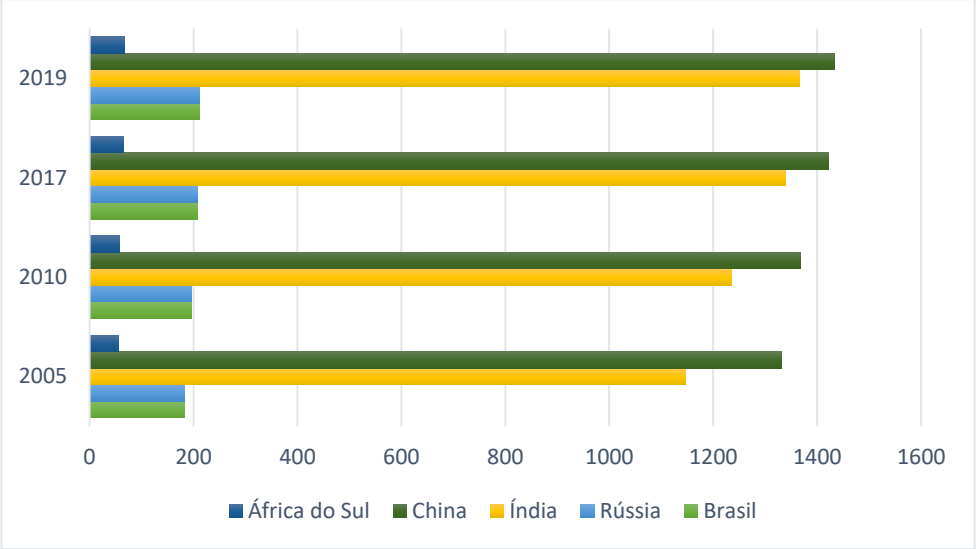
Uma das primeiras justificativas apontadas para a aliança BRICS é o tamanho da sua população e dos seus territórios. Em termos de área geográfica, a Rússia possui a maior área com 17.098.000 km², seguidos pela China com 9.600.000 km², Brasil com 8.510.295 km², Índia com 3.287.000 km² e África do Sul com 1.221.000 km², que somados representam cerca de 30% do território mundial (UNITED NATIONS, 2020, *online*; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020, *online*). A população e seu crescimento nos últimos 15 anos são apresentados na Figura 18 na página a seguir.

Verifica-se que os países demonstram crescimento populacional no período entre 2005[2] e 2019. A China e a Índia possuem a maior população entre os países, como também do planeta, com 1,433 e 1,366 bilhões de pessoas (2019) respectivamente, mas é a África do Sul é que possui a maior progressão de crescimento com cerca de 22% no período, seguido pela Índia com 19%. Juntos, os países do BRICS representam cerca de 42% da população mundial. A maior densidade demográfica por km² (2019) entre esses países se localiza na Índia com 459,6 e na China com 152,7, enquanto no Brasil é de 25,3, na Rússia é de 8,9 e na África do Sul é de 48,3. Nota-se que os países do BRICS seguem a tendência mundial

[2] 2005 foi delimitado como base dos estudos por ser o ano anterior ao início dos diálogos entre os líderes dos países dos BRICS para a formação do grupo. Desta forma, pretende-se expor a evolução dos dados a partir deste ano, quando disponível.

da urbanização acelerada, aumentando o consumo e a necessidade de maior produção, que em uma perspectiva de economia linear, também aumentam a geração de resíduos (UNITED NATIONS, 2020, *online*).

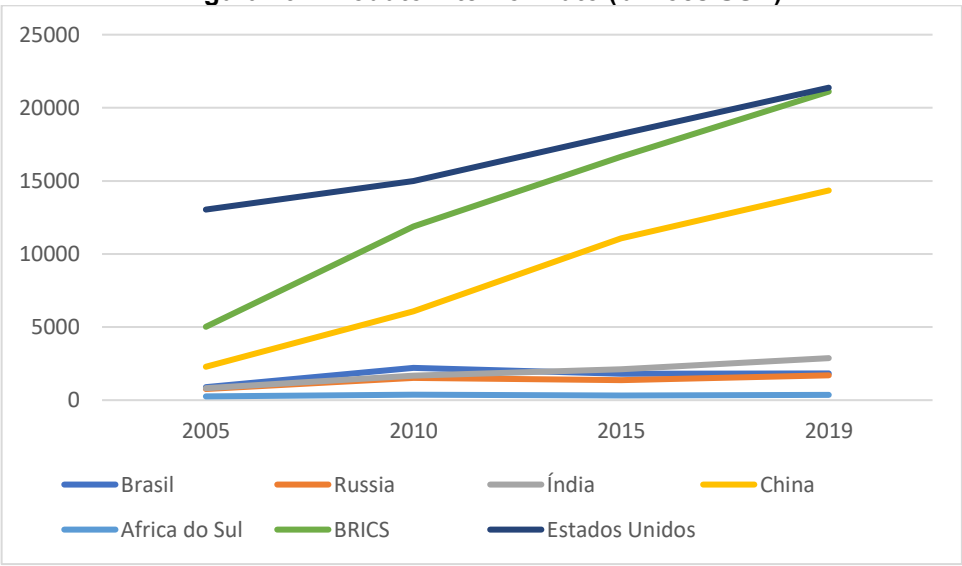
Figura 18 – População BRICS (milhões)



Fonte: United Nations (2020), Instituto Brasileiro de Geografia e Estátistica (2020)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020, *online*) a atividade econômica dos países é em grande parte medida e comparada pelo Produto Interno Bruto (PIB), que "[...] é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano." A Figura 19 expõe o PIB dos países do BRICS individualmente, em grupo e compara o grupo com os Estados Unidos, maior economia global.

Figura 19 - Produto Interno Bruto (bilhões USD)

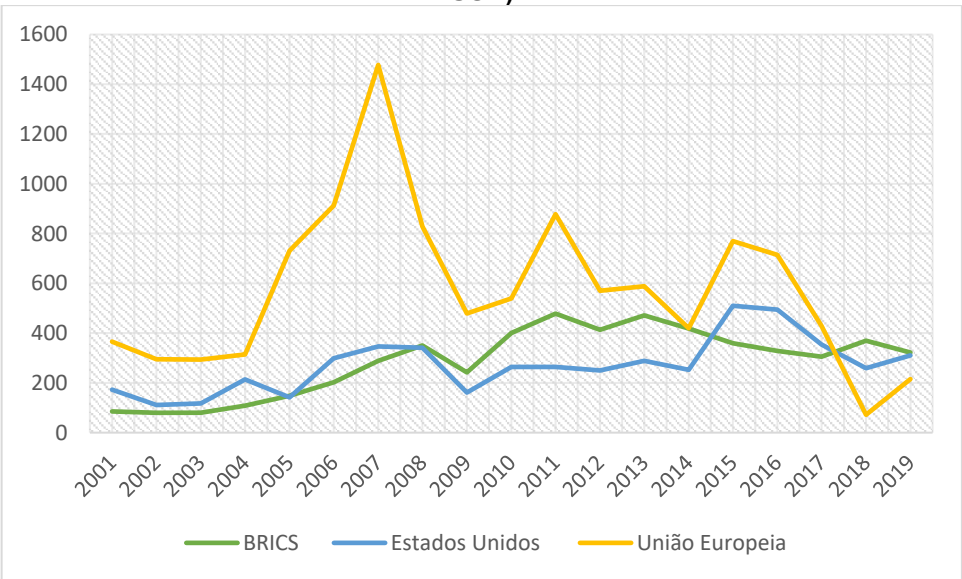


Fonte: World Bank (2020)

Observa-se na Figura 18, que o PIB dos países do BRICS avança no período entre 2005 e 2019 e a China é o país com maior destaque, passando de um PIB de 2.284,96 trilhões USD em 2005 para 14.342,90 trilhões USD em 2019. O Brasil e Rússia demonstram escalas próximas quando analisados o ano de 2005 para 2019, respectivamente com 891,63 e 764,01 bilhões USD em 2005 e 1.839 e 1.699,87 trilhões USD em 2019. A África do Sul é a menor economia do grupo com um PIB de 351,43 bilhões USD em 2019. O somatório dos PIBs dos países do BRICS que totalizam 21.109,09 trilhões USD em 2019 ficam próximos ao PIB dos Estados Unidos de 21.374,41 trilhões USD no mesmo ano e representam mais de 23% do PIB mundial (WORLD BANK, 2020, *online*).

Essa escalada dos países emergentes na economia global como potenciais produtores de bens e serviços atraem investimentos estrangeiros ao pais. A intensificação dos fluxos de investimentos estrangeiros nos países é mensurada pelo indicador *Foreign Direct Investment (F*DI). Segundo o World Bank (2020*, online*), o investimento estrangeiro direto (*FDI*) é um investimento transfronteiriço que se realiza através de capital social, reinvestimento de lucros e de outros capitais. A Figura 20 exibe a evolução da entrada líquida dos investimentos estrangeiros no bloco econômico BRICS e em comparação à União Europeia e aos Estados Unidos.

Figura 20 - Investimento Estrangeiro Direto: BRICS, Estados Unidos e União Europeia (bilhões USD)



Fonte: World Bank (2020)

Constata-se que a União Europeia (UE) obteve entradas de investimento estrangeiro direto (*FDI*) superiores aos Estados Unidos e ao grupo BRICS em todo o

período selecionado à exceção de 2019 e os Estados Unidos manteve a média de investimentos de 271 bilhões USD ano. Nota-se que a volatilidade de investimentos no período estão associados às crises de efeitos mundiais como o atentado terrorista nos Estados Unidos de 2001, à crise financeira de 2008, e às crises econômicas dos países europeus a partir de 2011. Os países do BRICS, por sua vez, registraram alta do *FDI* de 275,82%, passando de 82,52 bilhões USD em 2001 para 321,38 bilhões USD em 2019. No período de 2010 à 2014, o BRICS ultrapassou a 400 bilhões USD ano, superando os investimentos direcionados aos Estados Unidos no período e em 2014 aproximou-se da União Europeia, quando o BRICS registrou 418,21 bilhões USD e os países da União Europeia alcançaram 419,82 bilhões de USD. Em 2019, o BRICS com entradas de 321,38 bilhões USD superou *FDI* dos Estados Unidos e União Européia com 310,81 e 215,28 bilhões USD. Todos os paises do BRICS registraram aumento do *FDI* entre 2001 e 2019, porém a China captou 58,92% do total investido nesses paises, Brasil 18,96%, Rússia 10,98%, Índia 9,60% e África do Sul 1,54%.

Percebe-se nos dados econômicos apresentados que houve variação positiva do *FDI* e do PIB nos países do BRICS entre 2005 e 2019, porem cabe a análise se os dados econômicos reverteram em progresso social e em cuidados com o meio ambiente. O Quadro 16 expõe os dados dos países do BRICS para o ano de 2005 e 2019. O PIB per capita é o resultado da divisão do PIB do país, da região ou cidade pela sua população.

Quadro 16 – PIB per capita (USD)

PIB per capita USD	Brasil	Rússia	Índia	China	África do Sul
2005	4790	5323	714	1753	5383
2019	8717	11585	2104	10261	6001
Evolução %	81,98	117,64	**194,67**	**179,87**	11,48

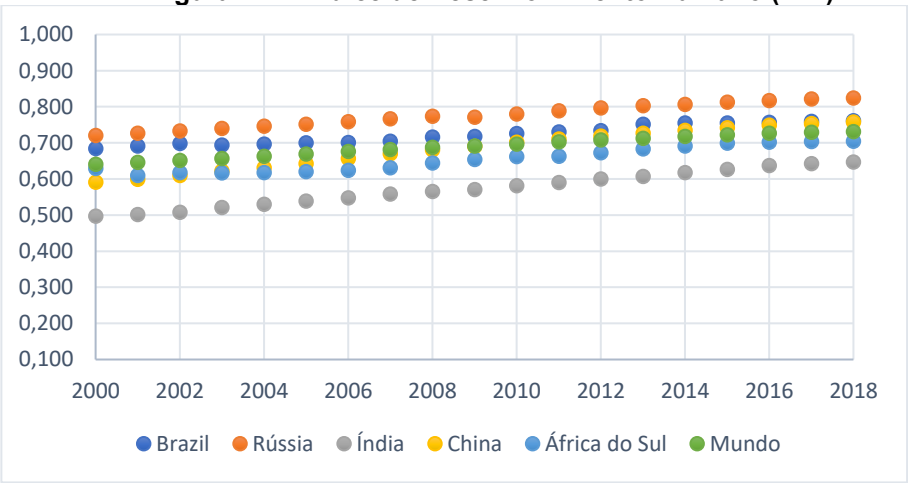
Fonte: United Nations; Fonte: World Bank (2020)

Através dos dados do Quadro 16 constata-se que entre 2005 e 2019, o PIB da China cresceu 527,69% e o PIB per capita evoluiu 179,87% posicionando-se em 2019 como a segunda maior renda per capita do bloco. Na Índia a relação PIB e PIB per capita foi de 250,46% para 194,67% e é o pais com a menor renda per capita do bloco em ambos os períodos. Esses dois paises são os que apresentaram maior

evolução no PIB e PIB per capita no bloco BRICS. A Rússia é o país do grupo com a maior renda per capita em 2019 e sua relação de evolução do PIB e PIB per capita foi de 122,49% para 117,64%. O Brasil cresceu 106,33% no PIB no período e o PIB per capita evoluiu 81,98%. A África do Sul progrediu 11,48% no PIB per capita, enquanto o PIB cresceu 36,33% e é o páis com a menor variação do PIB.

A renda per capita, sob a forma da renda nacional bruta (RNB)[3] compoem a base de cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)[4] que mensura o desenvolvimento humano em três áreas essenciais: (i) saúde: expectativa de vida, (ii) educação: expectativa de anos de escolaridade e a escolaridade efetiva dos adultos com mais de 25 anos; (iii) padrão de vida: renda nacional bruta per capita (UNITED NATIONS, 2020, *online*). A Figura 21 apresenta a evolução do IDH dos países do BRICS entre os anos de 2000 e 2018 e em comparação com a média mundial.

Figura 21 – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)



IDH muito elevado (de 0,800 a 1) - IDH elevado (de 0,700 a 0,799)
IDH médio (de 0,555 a 0,699) - IDH (menos que 0,555)

Fonte: United Nations (2020)

Verifica-se que em 2000, o IDH da Rússia estava na categoria elevado com 0,721, o Brasil, África do Sul e China estavam na categoria médio respectivamente com 0,684, 0,629 e 0,591 e; a Índia estava na categoria de IDH baixo com 0,591. Ao longo do período selecionado todos os países do BRICS evoluíram no índice, sendo que a Índia obteve a melhor evolução com 30,18% seguido pela China com 28,25%,

[3] A renda nacional bruta per capita é a soma dos rendimentos das unidades institucionais residentes de um país em atividades de produção e propriedade desenvolvidas dentro e fora do país dividida pelo total de sua população (PNUD, 2019).

[4] O IDH é estabelecido numa escala de 0,000 a 1,000, onde o IDH muito elevado é de 1,000 a 0,800, IDH elevado de 0,799 a 0,700, IDH médio é de 0,699 a 0,550 e IDH baixo é de 0,549 a 0,000 (PNUD, 2019).

acima da variação média mundial de 14,04%. Em 2018, a Rússia manteve o melhor posicionamento do grupo passando ao IDH muito elevado com 0,824, o Brasil, a China e a África do Sul passaram à categoria de IDH elevado com 0,761, 0,758 e 0,705. A Índia passou à escala de IDH médio com 0,647. A Índia e a África do Sul situam-se abaixo do IDH médio mundial de 0,731. Nota-se na base de cálculo do IDH 2018 desses países que a baixa escolaridade em anos do China, Brasil e Índia que são 7,9; 7,8 e 6,5 anos, assim como a renda nacional per capita da Índia influenciam negativamente o Índice de Desenvolvimento Humano desses países. Contudo, apesar da progressiva melhora do IDH nos BRICS nas últimas duas décadas é preciso analisá-los em conjunto com outros indicadores e índices socioeconômicos a fim de obter um panorama mais próximo da realidade. A desigualdade social, que é uma problemática mundial, afeta o desenvolvimento dos países e onde governos, órgãos intergovernamentais e órgão não governamentais deveriam atuar para a redução da desigualdade de todas as formas. O índice Gini, cujo coeficiente mensura a concentração de renda e indica a desigualdade de rendimentos entre os mais pobres e os mais ricos do país complementa os dados do IDH em relação à renda (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2020, *online*).

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2019) apresenta o IDH ajustado à desigualdade (IDHAD) dos países, calculados nas três dimensões: saúde, educação e renda. O Quadro 17 demonstra os dados desses países no ano de 2018.

Quadro 17 – IDH, IDHAD, Índice Gini (2018)

BRICS Países	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	IDH Ajustado à Desigualdade (IDHAD)	Índice Gini[5]
Brasil	0,761	0,574	53,3
Rússia	0,824	0,743	37,7
Índia	0,647	0,477	35,7
China	0,758	0,636	38,6
África do Sul	0,705	0,463	63,0

Fonte: PNUD (2019)

De acordo com o PNUD (2019), a perda global do IDH para o IDHAD é em média de 20% e sua variação se dá pela perda na distribuição relativa do

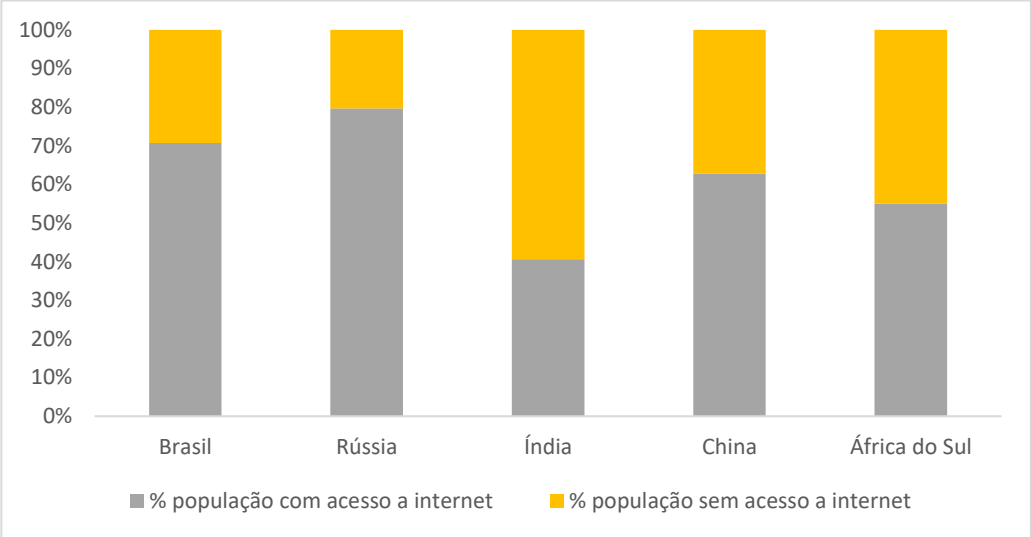
[5] Numericamente, varia de zero a um (ou cem), onde o valor zero representa a situação de igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda, enquanto o valor um (ou cem) está no extremo oposto, com extrema desigualdade de renda (IPEA, 2020).

desenvolvimento humano interno ao país. No Quadro 17 constata-se essa perda em todos os países do BRICS, com maior relevância na África do Sul com 34,32% de perda, na Índia com 26,27% e no Brasil com 25,09%, que estão acima da média mundial. Na China, o IDH obtém redução de 16,09% para o IDHAD e na Rússia, de 9,83%. Observa-se também que o Brasil e a África do Sul têm as maiores concentrações de renda pontuadas pelo índice Gini, com 53,3 e 63,0 respectivamente, enquanto os demais países do BRICS estão na faixa de 35,7 a 38,6. Na África do Sul, apesar das desigualdades entre etnias e classes ter diminuído, dados de 2015 indicam que a renda apurada pelos 10% mais ricos (topo) abarcam 65% do total do rendimento nacional, enquanto 40% dos mais pobres (base) levam menos de 4%. No Brasil, no mesmo ano, o topo ficou com mais de 55% do total dos rendimentos, mesmo tendo um aumento de rendimento na distribuição no país desde os anos de 2000. Na Índia, embora as taxas de extrema pobreza tenham sido reduzidas em mais de 50% entre 1980 a 2015, estima-se que em 2015, 10% dos mais ricos detenham 55% do rendimento nacional. Na China e na Rússia os rendimentos estão mais dispersos, porém nota-se que desde 1980 há um crescimento significativo da porcentagem dos rendimentos atribuídos aos 1% dos mais ricos. A mesma evolução é observada na Índia nesse período.

Os países do BRICS têm em comum o desafio de enfrentar suas desigualdades históricas, como também as intensificadas no século XXI. As desigualdades sociais de acesso à renda digna, aos serviços essenciais de saúde e educação se acentuam pelos efeitos das mudanças climáticas, pelo aumento da migração global, pelas epidemias e a atual pandemia do COVID - 19, que se somam à exclusão digital decorrentes da revolução tecnológica. A pandemia do COVID - 19 evidenciou o grau de carência dos serviços públicos de saúde dos países, bem como revela as dificuldades das gestões públicas em adotar políticas públicas a fim de mitigar e ou resolver os problemas sociais, econômicos e mesmo ambientais que surgem em meio a pandemia. De acordo com dados da World Health Organization (Organização Mundial da Saúde) de 06 de janeiro de 2021, os casos confirmados por COVID - 19 nos países do BRICS somam 22.662 milhões, 26,64% do total dos casos à nível global e 23,75% do número de mortos no mundo. Entre os BRICS, a África do Sul é a que tem a maior taxa de mortalidade pelo número de casos com 2,70%, seguidos pelo Brasil com taxa de mortalidade de 2,53%.

Os efeitos da pandemia refletem diretamente na economia e nos sistemas de saúde dos países, mas também em seus sistemas educacionais, desde o básico ao avançado, público e privado. O ensino à distância, remoto, *online*, evidenciou a necessidade premente de políticas públicas especiais para a inclusão digital das camadas mais vulneráveis da sociedade. Grande parte dos países, na qual se incluem os BRICS avançam em percentuais da população com acesso à internet, porém a maioria se situa nas classes de maior renda e em áreas urbanas. A Figura 22 apresenta os dados de 2019 do BRICS.

Figura 22 - Acesso à internet % população (2019)



Fonte: World Bank, IBGE, Internet World Stats (2020)

A Figura 22 demonstra que a Rússia tem o maior percentual da população com acesso à internet com 79,70%, seguido pelo Brasil com 70,71%. O IBGE (2020, *online*) acrescenta que 79,14% (2019) dos domicílios brasileiros tem acesso à internet. A Índia e a China apresentam as maiores evoluções anuais de pessoas com acesso à internet se comparados a 2018. Nesse ano, os percentuais estavam respectivamente em 20% e 57,17% e passaram para 40,6% e 62,8%. A África do Sul mantém-se em torno de 55 e 56%. Contudo, no somatório dos cinco países cerca de 1.462,98 bilhão de pessoas ainda não tem acesso à internet, o que afirma o grande desafio da inclusão digital para o bloco.

A inclusão digital compõe a declaração da 5ª reunião dos ministérios da educação do BRICS que ocorreu em 14 de agosto de 2019, onde os governantes reafirmam o compromisso de cooperar na ampliação de áreas cobertas por

tecnologias digitais e que possam ser acessíveis às camadas da sociedade mais vulneráveis (ITAMARATY, 2020, *online*). Nesse sentido, a China tem programas para universalizar a educação básica que aliem o uso das tecnologias digitais pelo aluno e por sua família, pois entendem que o meio favorece o aprendizado da criança (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2019). No Brasil, o programa Norte Conectado busca ampliar as áreas de cobertura de acesso à internet na região amazônica (NORTE CONECTADO, 2020, *online*).

Os acordos de cooperação entre os países do BRICS vão se estendendo para além do comércio em áreas da ciência, tecnologia e inovação; como os recentes acordos firmados para os testes e futura produção das vacinas russa e chinesa no Brasil no enfrentamento da pandemia do COVID 19. As parcerias firmadas em áreas que não estão centradas somente no aumento das rendas corroboram para o desenvolvimento sustentável dos países. Segundo Sachs (2007, 2008, 2009) e Sen (2010), o crescimento econômico viabiliza o Estado a implantar políticas públicas que assegurem a inclusão dos mais vulneráveis ao acesso à renda e aos serviços de saúde e educação, bem como podem subsidiar programas de proteção ao meio ambiente. O desempenho econômico de uma nação está inter-relacionamento ao seu progresso social e vice-versa, mas ambos influenciam na forma como a sociedade maneja e conserva o meio ambiente. De acordo com o PNUD (2019), sociedades com elevado IDH tendem a adotar políticas que conservem os recursos naturais e protejam os ecossistemas, realizando escolhas por recursos renováveis, reutilização, remanufatura e reciclagem de materiais, redução da geração de resíduos e educação ambiental desde os primeiros anos da infância até programas de conscientização dos adultos.

Ao longo das últimas décadas, os indicadores ambientais foram alcançando destaque no cenário internacional e se consolidaram como métricas para o desenvolvimento sustentável. O acesso à energia elétrica, água potável e serviços de esgotamento sanitário são indicadores que subsidiam a formatação de políticas públicas sociais, ambientais e econômicas do local. De forma geral, os países avançaram mais no acesso à energia elétrica do que nos serviços de saneamento básico (UNITED NATIONS, 2020, *online*). Segundo esse órgão, atualmente no mundo, uma em cada três pessoas não têm acesso à água potável e mais da metade da população não tem acesso a serviços de esgotamento sanitário. Em países com dimensões continentais como o Brasil, China, Índia e Rússia implementar

infraestruturas para o saneamento básico ainda é um grande desafio aos governos nacionais e locais. A Tabela 3 expõe os percentuais da população que tem acesso à água potável e ao esgotamento sanitário sob duas classificações: uma que a United Nations considera como serviços gerenciados de forma segura e outra destacada com asterisco (*) que tem pelo menos acesso ao básico do serviço.

Tabela 3 – Saneamento básico (2017)

% população usando serviços de:	Brasil	Rússia	Índia	China	África do Sul
Água potável - área urbana	92,3	98,6*	96,0*	92,3	81,9
Água potável - área rural	89,7*	92,6*	56,0	86,2*	80,7*
Esgotamento sanitário - área urbana	51,6	63,4	72,0*	83,7	76,3*
Esgotamento sanitário - área rural	60,1*	55,2	39,0	56,1	74,7*

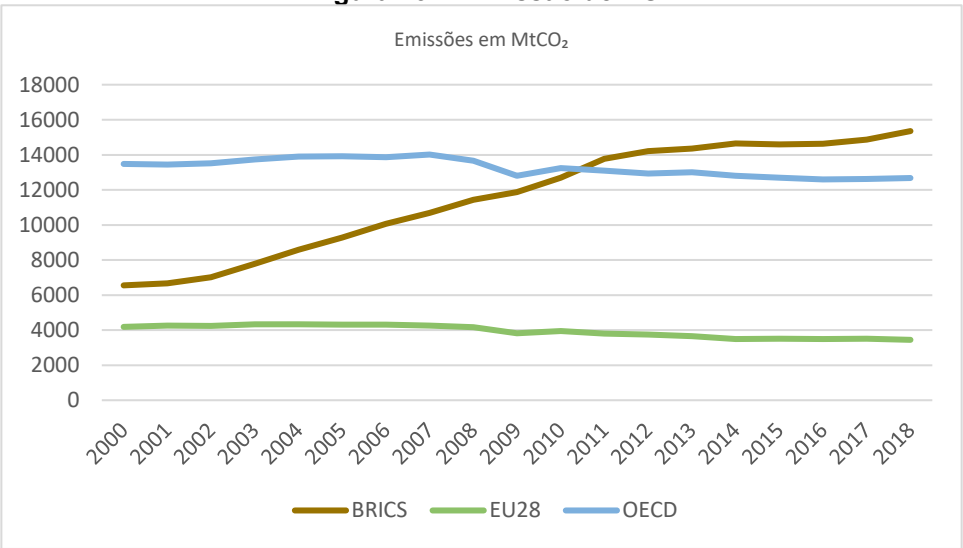
Fonte: United Nations (2020)

Constata-se na Tabela 3 que o percentual da população dos BRICS que tem acesso à água potável e ao esgotamento sanitário é maior nas áreas urbanas em comparação com as áreas rurais. Pelos dados apresentados, observa-se que em cada país há áreas onde o acesso ao saneamento se presta nos limites básicos, sem uma infraestrutura gerenciada e segura. Nesse sentido, o Brasil carece de infraestrutura que ofereça serviços seguros de água potável e esgotamento sanitário na área rural. Na Rússia, os dados apontam maior carência nos sistemas de água potável, tanto urbana como rural. Na Índia, país com predomínio da população na área rural mas em crescente urbanização, carece de infraestrutura na área urbana. Os dados da China apontam para maiores investimentos no acesso à água potável na área rural, enquanto a África do Sul necessita de investimentos na infraestrutura urbana e rural para a água potável e esgotamento sanitário, pois só o acesso urbano à água potável é tido como serviço disponibilizado de forma segura, mas percentualmente abaixo dos demais países do BRICS.

O aumento da população mundial, a crescente urbanização sem o devido planejamento das cidades e o incremento na produção em modelos econômicos lineares de extração, produção e descarte tem agravado os efeitos das mudanças climáticas nas últimas décadas. A alta concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera resultantes da atividade humana levaram os órgãos intragovernamentais e governos nacionais a mensurarem as emissões de CO2 dos países e estabelecer

metas para a sua redução, a fim de frear o aquecimento global e por conseguinte os impactos das mudanças climáticas. Nesse cenário, os BRICS são países chave para a transformação requerida, seja pelas suas expressivas reservas de recursos naturais, pela sua grandeza populacional em crescente urbanização, mas também pelo aumento vertiginoso da produção e poluição de todas as formas. A Figura 23 apresenta a soma das emissões de CO2 dos países do BRICS comparados ao bloco da União Europeia e da Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

Figura 23 – Emissão de CO2



Fonte: UNFCCC[6]; IEA[7]; Global Carbon Atlas (2020)

A figura expõe que o BRICS aumentou a emissão de CO2 ano em 134,32% no período, passando de 6.552,64 Mt CO2 ano em 2000 para 15.354.23 Mt CO2 ano em 2018. No mesmo período, os países da União Europeia reduziram as emissões de CO2 em 17,66% ano e os países da OECD reduziram em 6,38% ano. Nota-se que as emissões de CO2 pelo BRICS estiveram em constante crescimento, superando as emissões da União Europeia e ultrapassando as emissões do bloco de países da OECD em 2011. Segundo a International Energy Agency (IEA, 2020, *online*) e o New Development Bank (2020, *online*), Brasil, China, Índia, África do Sul e Rússia estão investindo em infraestrutura energética sustentável, em programas de transição para a geração de energia limpa e de fontes renováveis alinhados aos Objetivos do

[6] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).
[7] International Energy Agency (IEA)

Desenvolvimento Sustentável (ODS), que objetivam entre outros frear as mudanças climáticas e seus impactos.

A revolução energética caminha ao lado da gestão eficiente dos resíduos no combate à poluição de todas as formas. A inexistência ou a má gestão dos resíduos poluem a água, a terra e o ar e é um dos grandes problemas atuais da humanidade. De acordo com Kaza, (World Bank, 2018), no ano de 2016 o mundo gerou 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos e deve chegar a 3,40 bilhões de toneladas até 2050. A United Nations (2020, *online*) destaca que o processo de decomposição dos resíduos é responsável por 5% das emissões dos gases de efeito estufa globais. Nessa conjuntura, o Tabela 4 mostra as taxas Kg per capita dia dos países dos BRICS em comparação com a média mundial.

Tabela 4 – Geração de resíduos per capita (2016)

Geração de resíduos	Média mundial	Brasil	Rússia	Índia	China	África do Sul
Kg/capita/dia	0,74	1,04	1,13	0,57	0,43	0,98

Fonte: Kaza, World Bank (2018)

Observa-se que a China, Índia estão abaixo da média mundial de 0,74 Kg/per capita/dia[8], enquanto a Rússia, o Brasil e África do Sul estão acima da média mundial. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020, *online*) acrescenta que o Kg per capita dia do Brasil em 2017 foi de 1,035 e em 2018 foi de 1,039. Além disso, a China e a Índia somadas aos Estados Unidos são os países que mais geram lixo eletrônico, 38% do descarte mundial; dos quais somente 17,4% é reciclado. Esses países e o Brasil também são os maiores geradores de lixo plástico no mundo. Só no Brasil são gerados cerca de 11 milhões de toneladas ano e estima-se que só 9% são reciclado à nível mundial (UNITED NATIONS, 2020, *online*). Kaza, World Bank (2018) alerta que em uma análise conservadora 33% dos resíduos gerados não são gerenciados de acordo com padrões ambientais seguros.

A qualidade e efetividade da gestão dos serviços e investimento públicos tem sido constantemente questionada pelas sociedades ao redor do mundo. A falta de transparência de dados das gestões públicas diminui a confiabilidade nos governos,

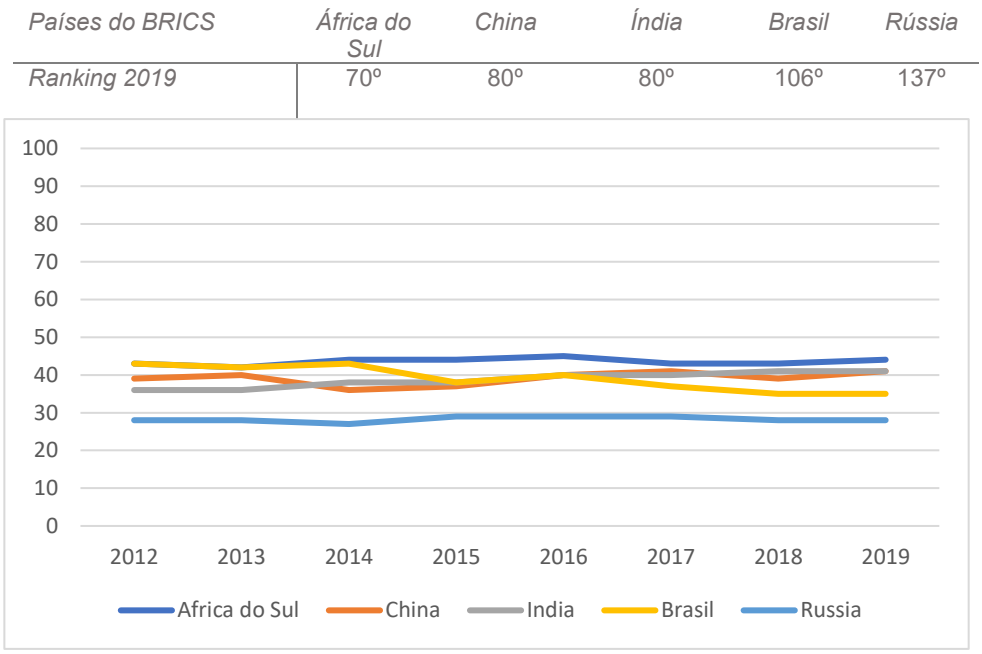
[8] A variação mundial é de 0,11 a 4,54 (Kaza, World Bank, 2018).

reduz os investimentos externos ao local e facilita a presença da corrupção nos processos públicos, na qual o poder é usado em benefícios privados e não para a coletividade da sociedade. “A corrupção corrói a confiança, enfraquece a democracia, prejudica o desenvolvimento econômico e agrava ainda mais a desigualdade, a pobreza, a divisão social e a crise ambiental” (TRANSPARENCY INTERNATIONAL, 2020, *online*). Em 2003, as Nações Unidas firmaram acordo com 180 países, entre eles os países do BRICS, pela Convenção das Nações Unidas contra a Corrupção. O tratado tem o objetivo de prevenir e combater a corrupção, promover a cooperação internacional para esses fins e buscar o compromisso dos governos na prestação das contas públicas com transparência e acessibilidade à população (UNITED NATIONS, 2020, *online*).

A Transparência Internacional, que atua desde 1995, divulga anualmente o índice de percepção da corrupção de 180 países. A escala do índice varia de 0 no qual o país é percebido como demasiado corrupto à 100 no qual o país é percebido como bastante íntegro. Países como Dinamarca, Alemanha, Nova Zelândia e Singapura tem alcançado índices superiores a 80 pontos. (TRANSPARENCY INTERNATIONAL, 2020, *online*).

A Figura 24 demonstra a posição dos países do BRICS no *ranking* 2019 e a evolução do índice entre 2012 e 2019. Verifica-se que a percepção da corrupção entre esses países é maior na Rússia e no Brasil, sendo que no Brasil tem se agravado em 2015 e após 2017. A China e a Índia apresentam relativa melhora na percepção da corrupção passando de um índice respectivamente de 39 e 36 em 2012 para 41 em ambos os casos em 2019. A África do Sul possui o melhor índice do grupo no período analisado e se posicionou em 2019 no *ranking* dos 180 países em 70º lugar. Os casos de corrupção se multiplicam nos cinco países do BRICS e a falta de transparência dos atos e contas públicas dos governos nacionais e locais contribuem para o agravo da situação. Mecanismos de combate e prevenção da corrupção endêmica e sistêmica são um desafio presente comum aos BRICS.

Figura 24 – Índice de percepção da corrupção



Fonte: Transparency International (2020)

A observância do índice de percepção da corrupção em conjunto com a análise dos demais índices e indicadores apresentados e examinados tem o propósito de avaliar o contexto do agrupamento dos países BRICS sob o enfoque da sustentabilidade.

O Quadro 18 esquematiza os índices e indicadores em quatro dimensões selecionadas: (i) econômica; (ii) social; (iii) ambiental e (iv) político institucional em sua fonte pública mais recente e sintetiza a análise dos dados no contexto do grupo BRICS. O propósito do quadro é permitir a visualização dos potenciais e dos desafios comuns aos países do BRICS, que justificam os acordos firmados de cooperação multilateral entre Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

Quadro 18 – Síntese Indicadores e Índices econômicos, sociais, ambientais e políticos

BRICS	: Brasil, Rússia, índia, China e África do Sul.
População (2019)	com 3,21 bilhões de pessoas detêm cerca de 42% da população mundial.
Área territorial (2019)	representam 30% do território mundial.
Densidade demográfica km2 (2019)	tendência à urbanização com variação de 8,9 a 459,6.
Dimensão Econômica	

PIB (2019)	com 21.109,09 trilhões USD representam cerca de 23% do PIB mundial e se aproximam do PIB dos EUA.
Fluxos de Investimento estrangeiros (2019)	com entradas de 321,38 bilhões USD superam as entradas dos EUA como também da União Europeia.
PIB per capita (2019)	em elevação com variação de 2.104,10 a 11.585,0 USD
Dimensão Social	
IDH (2018)	em elevação com variação de 0,647 a 0,824.
IDH ajustado à desigualdade (2018)	desigualdade social relevante com variação de 0,477 a 0,743.
% contágio COVID 19 (19/10/2020)	com 14.985 milhões de casos representam 37,51% dos casos globais e 28,40% do número de mortos no mundo.
% população c/ acesso à internet (2019)	em rápida elevação com variação de 40,6% a 79,70%.
Dimensão Ambiental	
% população c/ acesso à água potável (2017)	cobertura maior na área urbana e lenta evolução com variação de 51,6% a 98,6%.
% população c/ acesso ao esgotamento sanitário (2017)	cobertura maior na área urbana e lenta evolução com variação de 51,6 a 83,7%.
Emissão de CO2 (2018)	emissões de CO2 superiores à União Europeia e ultrapassou a OECD em 2011.
Geração de resíduos Kg per capita dia (2018)	maioria dos países acima da média mundial de 0,74 com variação de 0,43 a 1,13.
Dimensão política	
Índice de percepção da corrupção (2019)	alta percepção de corrupção e falta de transparência com variação de 28 a 44 e ranking de 70ª a 137ª.

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se na síntese que o agrupamento BRICS representa uma expressiva parcela da população global e do território mundial, com cerca de 42% e 30% respectivamente. A aceleração contemporânea para a urbanização tende a elevar e reduzir a variação entre os países das densidades demográficas representa cerca de 23% do PIB mundial, com elevação das entradas de fluxos de investimento estrangeiros *(Foreign Direct Investment – FDI)* e do PIB per capita. Os índices e indicadores sociais expõem que apesar da elevação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), os países do BRICS possuem relevante desigualdade social que refletem no IDH ajustado à desigualdade, como também nos dados de contágio da COVID-19 e da exclusão digital. Na dimensão ambiental, percebe-se lenta evolução nas coberturas de serviços de saneamento básico, sobretudo nas áreas rurais. A geração de resíduos Kg per capita dia da maioria dos países do BRICS estão acima da média mundial de 0,74 e; mesmo a China e Índia que se encontram abaixo da média mundial figuram entre os países que mais geram lixo eletrônico e plástico no

mundo. O Índice de percepção da corrupção é analisado na dimensão política e os BRICS apresentam escalas preocupantes que os posicionam no ranking dos 180 países de 70ª a 137ª posição, resultado da percepção dos especialistas da falta de transparência dos atos e dados públicos, bem como dos inúmeros casos de corrupção em vários escalões de governo.

Em suma, a grandeza econômica, populacional e territorial que atraem investidores requer dos países do BRICS um grande dinamismo econômico (ARMIJO, 2007). De acordo com dados do World Bank a taxa média de crescimento econômico dos BRICS foi de 5% ao ano entre os anos de 2000 e 2018, enquanto a média mundial foi de 2,9%. A China se destacou com um crescimento médio anual de 9,1%. No mesmo período, a participação desses países no PIB mundial foi de 8,1% para 23,6%. As exportações e importações do grupo no comércio internacional representaram em 2018, respectivamente 14,7% e 15,1%. Os acordos de cooperação crescentes entre os países do BRICS favorecem as relações comerciais e as entradas de fluxos de investimentos estrangeiros nesses países, pois diminuem as incertezas dos investidores em relação aos BRICS (ÇEPNI *et al.*, 2020).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020, *online*) é visível o aumento da participação dos BRICS nos mercados mundiais. O IPEA destaca que o percentual das exportações desses países na economia global passou de 7,7% para 15,1% entre 2010 e 2018, e os maiores mercados consumidores virão da Ásia, América Latina e África.

No entanto, a aceleração do crescimento econômico leva à maior extração de recursos naturais e aumentam os impactos ambientais e os danos à saúde pública (DANISH; ULUCAK; KHAN, 2019), pois os sistemas produtivos dos países do BRICS como dos demais são predominantemente moldados para a economia linear de extração, produção e descarte. O crescimento econômico tem conduzido a maiores taxas de urbanização, que por conseguinte ampliam o consumo de energia e a demanda por transportes e indústrias. Países com alta população, como China e Índia, têm a necessidade de gerar maior crescimento econômico para aumentar o nível de renda da população. Os impactos relacionados ao crescimento econômico podem ser minimizados se práticas sustentáveis forem integradas ao sistema de produção e consumo e houver investimentos em matriz energética de fontes renováveis (DANISH; ULUCAK; KHAN, 2019) em consonância com os princípios da economia circular.

O desenvolvimento sustentável de uma nação deve promover o progresso social dos cidadãos, em que haja ações para viabilizar a justiça social, a equidade de gênero e etnias, que melhorem a qualidade de vida da população. O crescimento econômico sem o desenvolvimento social pode agravar ainda mais as desigualdades e conflitos sociais (NETSWERA et al., 2020). O PIB dos países do BRICS evoluiu de 2000 a 2018 entre 36,33% a 527,69%, mas o IDH no mesmo período evoluiu entre 11,25% a 30,18% (WORLD BANK, 2020, *online*; UNITED NATIONS, 2020, *online*).

Percebe-se, portanto, o grande desafio às nações do BRICS de transformar o crescimento econômico em progresso social baseados nos princípios de inclusão e igualdade social. Nesse sentido, os governos dos BRICS compartilham dos mesmos temas centrais para o desenvolvimento social, que se fundamentam no acesso universal aos serviços básicos da saúde, educação e acesso aos serviços de saneamento e eletricidade.

Na dimensão ambiental, os países do BRICS estão gradualmente investindo em energias limpas e de fontes renováveis, como de hidrelétricas, energia eólica e solar diminuindo a dependência do uso de combustíveis fósseis como petróleo e carvão, responsáveis por grande parcela do total global de emissões de gases de efeito estufa. Porém, esses países possuem significativas reservas de petróleo, gás e carvão e; cortes abruptos impactariam diretamente no seu crescimento econômico, pois além do uso interno, países do BRICS são exportadores desses insumos (ARMIJO, 2007; CHANG et al., 2017).

Em termos de percentuais a China e a Rússia somados aos Estados Unidos detêm 60% das reservas mundiais de carvão, sendo que a China e a Rússia estão entre os seis maiores produtores do mundo (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2020, *online*). Em 2019, Rússia, China e Brasil estavam entre os dez maiores produtores de petróleo no mundo e Rússia e China também estavam entres os dez maiores produtores de gás natural, menos nocivo ao meio ambiente. No mesmo ano, países do BRICS, Brasil, Rússia, Índia e China consumiram 24% da produção global de petróleo e 21,55% do gás natural (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 2020, *online*).

Danish e Ulucak (2020) defendem que os BRICS precisam investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ambientais verdes a fim de reduzir a emissão de CO2 dos sistemas de produção e ampliar a geração de energia por fontes

limpas e renováveis, contribuindo para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) globais.

Ali et al. (2018) argumentam que os países do BRICS podem aproveitar as cooperações multiníveis e multilaterais para a implementação dos ODS em sua totalidade, que estão atualmente mais centrados na paz e justiça, trabalho decente e crescimento econômico, enquanto objetivos chave de educação de qualidade e ação climática ainda carecem de maior atenção dos governos e empresas. Os autores ressalvam que a China está à frente quando comparado aos demais países do BRICS incorporando estratégias para a inovação e infraestrutura para sistemas produtivos sustentáveis.

Soma-se aos desafios nacionais o olhar atento sobre o processo de urbanização dos BRICS que vivenciam momentos e experiências diversas. À exceção da Rússia, cuja população urbana tem se mantido e até reduzido em determinadas cidades, os demais países do BRICS seguem a tendência global da urbanização acelerada (NETSWERA et al., 2020).

Contudo, questões acerca dos impactos ambientais, congestionamentos de tráfego e esgotamento dos recursos naturais são comuns às cidades do BRICS e desafiam o curso do desenvolvimento sustentável local, nacional e do planeta. É preciso compatibilizar a industrialização com a urbanização, adequar a infraestrutura das cidades ao crescimento da população, minimizar os conflitos de interesses entre os migrantes e os residentes e as causas que aceleram as mudanças climáticas (SHEN et al., 2017), como o uso de energia de combustíveis fósseis, substituindo-a por matriz energética de fontes renováveis (DANISH; ULUCAK; KHAN, 2019; NETSWERA et al., 2020). Brasil, Índia e África do Sul enfrentam ainda a questão da habitação urbana informal (NETSWERA et al., 2020). Todavia, segundo Danish, Ulucak e Khan (2019), o processo de urbanização gera externalidade positivas, como oportunidades para economia de escala na prestação de serviços públicos e tende a aumentar o poder de compra da população se bem planejado e gerenciado.

Li e Pogodin (2020) concluem que apesar das diferenças nos mais variados aspectos, os países do BRICS têm envidado esforços na cooperação multilateral, contrapondo a polaridade da ordem econômica mundial. Esses autores destacam três pontos que contribuem para a crescente cooperação entre Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul: (i) atuação pragmática de cooperação estabelecida e expandida pelas cúpulas e planos de trabalho anuais entre Chefes de Estado, bem como pelos

Ministérios e Departamento de Governo de diversas áreas como comércio, investimentos, política externa, energia, ciência e tecnologia, agricultura, educação e cultura; (ii) participação ativa no cenário internacional, defendendo a multipolaridade e a diplomacia multilateral; (iii) liberdade de interações: a cooperação tem gerado bons resultados tanto para os países do BRICS quanto a outros países, pois o BRICS permite interações livres entre sul-sul e sul-norte. Porém, o presente e futuro exigirão desses países, novos posicionamentos e acordos de cooperação frente aos desafios globais.

O enfrentamento da pandemia COVID-19, a retomada da economia, o combate às mudanças climáticas e seus impactos, a redução das desigualdades sociais, o crescimento populacional, a urbanização, o aumento da produção versus geração de resíduos em ambiente de recursos finitos são alguns dos grandes desafios do século XXI aos países, sobretudo aos países emergentes, em desenvolvimento, como os que compõem o BRICS. Entretanto, os BRICS se situam em posições geográficas estratégicas em cada continente que somados a sua influência regional e global, ao seu tamanho populacional e econômico lhes confere um alto grau de atratividade de investimentos, que lhes atribui alguma vantagem no cenário mundial.

A união dos esforços do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul no agrupamento BRICS traduzidos em acordos de cooperação crescentes em diversas áreas lhes possibilitam, pela análise dos dados apresentados, fazer frente à ordem econômica mundial até então polarizada. A liberdade de interações internas e externas ao BRICS permite a esses países transitarem em negociações com outras nações, além das agendas anuais pragmáticas do BRICS que têm acelerado acordos de cooperação que refletem nas dimensões econômica, social, ambiental e político institucional internas ao bloco.

Os países do bloco BRICS possuem profundas diferenças entre si, porem compartilham suas diferenças em desafios comuns de garantir o crescimento econômico com sistemas produtivos mais limpos e circulares, além de promover a inclusão e reduzir as desigualdades sociais, com processos de políticas públicas estruturadas em gestões públicas eficientes, que combatam a corrupção endêmica e sistêmica.

A cooperação em tecnologias, inclusive as sociais, tem gerado até o momento bons resultados aos países do BRICS. Mas, os anos que se seguirão incitam os governantes a repensarem suas políticas públicas frente ao aumento da população,

produção e resíduos e; aos recursos finitos do planeta. Incluem-se nas prioridades desses desafios o repensar sobre as cidades, que com a tendência de urbanização concentrarão ainda mais a maior parte da população e; portanto, o maior consumo de recursos e a maior geração de resíduos. É certo que modelos de gestão urbana não podem ser padronizados, pois cada cidade possui suas peculiaridades, mas os princípios do desenvolvimento sustentável, com sistemas produtivos circulares, que remetam à igualdade social e conservação do meio ambiente podem ser adaptados a cada realidade.

Concluindo a produção da fundamentação teórica de cada tema central foi possível elencar algumas questões, lacunas e a necessidade de estudos futuros, que fundamentam o alinhamento conceitual da tese.

2.6 Alinhamento conceitual

As análises finais que concluem cada seção da fundamentação teórica estabelecem o alinhamento conceitual que fundamenta o modelo conceitual do *framework* a ser aplicado no estudo de caso de cada país. O Quadro 19 apresenta essas considerações que abordam questões latentes, lacunas de conhecimento e bases de estudos futuros.

Quadro 19 – Temas centrais: questões, lacunas e base de estudos futuros

Tema Central	**Questões, lacunas e base de estudos futuros necessários**
1. Territorialidade e sustentabilidade das cidades	Como transformar ideais globais em ações práticas locais e regionais, em um sistema planetário tão diverso, seja na dimensão econômica, social, ambiental e institucional? As cidades poderiam ser as protagonistas de mudanças planetárias, adotando os princípios da sustentabilidade em suas políticas e ações, em parcerias pública-privadas, e por onde iniciar?
2. Cidades inteligentes e sustentáveis e outros *brandings* urbanos contemporâneos	O risco de se optar por certos rótulos (*branding*) é que as ações não englobam aspectos essenciais à sustentabilidade urbana, deixando na maioria das definições, falhas profundas nas dimensões sociais e ambientais. Será utopia ou pode ser construído políticas públicas e sistemas de avaliação urbana que levem em conta as mais sofridas realidades urbanas atuais, com sua territorialidade, para um desenvolvimento sustentável?
3. Economia circular	Modelos de negócios com maior orientação social, como ética no comércio, educação ambiental para o consumo

	e produção responsável não são até o momento elementos fundamentais vistos nos modelos circulares existentes.
4. Políticas Públicas e a Economia Circular	A transição para a economia circular necessita de um conjunto de políticas públicas multidimensionais que promovam a ecoinovação sustentável. Em grande parte dos modelos circulares os consumidores permanecem esquecidos. O cidadão e consumidor devem ocupar a mesma grandeza de importância e atuação das demais partes interessadas na cadeia de valor dos modelos econômicos circulares, pois o ciclo engloba a responsabilidade compartilhada produtor-consumidor.
5. Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)	O aumento das rendas individuais e da urbanização aceleram mais a geração de REEE do que o crescimento do PIB e da população do país. Geração e gestão dos REEE alinhadas à Agenda 21 e aos ODS. Gestão dos riscos ambientais e à saúde humana, da viabilidade econômica, dos recursos finitos, do setor informal, da mineração urbana, do mercado secundário e do comércio ilegal. Legislações para REEE com predominância da gestão da responsabilidade estendida ao produtor e com pouca referência ao consumo responsável. Legislações que avancem do tratamento dos REEE à economia circular. Políticas públicas direcionadas ao setor informal dos REEE e à infraestrutura necessária às cadeias produtivas circulares que englobem o eco-design, produção mais limpa e a logística reversa. Como frear a geração de REEE, que nos últimos anos cresceu três vezes mais rápido que a população mundial e 13% mais que o PIB mundial e calcula-se que somente 17,4% desses resíduos são tratados adequadamente. China, Índia, Brasil e Rússia estão entre os 10 países que mais geram resíduo eletroeletrônico no mundo.
6. BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul	A cooperação em tecnologias, inclusive as sociais, tem gerado até o momento bons resultados aos países do BRICS. Mas, os anos que se seguirão incitam os governantes a repensarem suas políticas públicas frente ao aumento da população, produção e resíduos e; aos recursos finitos do planeta. É certo que modelos de gestão urbana não podem ser padronizados, pois cada cidade possui suas peculiaridades, mas os princípios do desenvolvimento sustentável, com sistemas produtivos circulares, que remetam à igualdade social e conservação do meio ambiente podem ser adaptados a cada realidade.

Fonte: Autoria própria (2023)

O Quadro 19 destaca que com o crescente aumento da população e urbanização, as cidades se tornaram o *locus* das mudanças globais esperadas. Os

ideais globais (como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS) almejam o agir local. Entretanto, as realidades e desafios urbanos são diversos frente a escassez de recursos naturais e o aumento da geração de resíduos. Nesse sentido, políticas públicas que incorporem a participação social em responsabilidades compartilhadas viabilizam a promoção do desenvolvimento sustentável do território.

Nesse contexto, os países do BRICS enfrentam esses desafios em comum, ou seja, aumento da população, urbanização crescente, escassez de recursos naturais e geração de resíduos. Como uma das resultantes desses processos, China, Índia, Brasil e Rússia são listados entre os países que geram a maior quantidade de REEE no mundo. África do Sul detém esta posição em relação ao continente africano.

Assim sendo, é primordial avançar em estudos empíricos que abordem a geração e a gestão de REEE sob o enfoque das dimensões do desenvolvimento sustentável, cujas ações e políticas públicas estejam alinhados aos princípios da economia circular.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa tem sua origem em uma ideia inicial sobre a área e o tema que se pretende investigar, que é moldada pelo aprofundamento dos conhecimentos sobre o objeto do estudo, pelo programa de pesquisa ao qual está afiliado e pela própria experiência vivida do pesquisador (LUNA, 1997). A seleção da área e o tema da pesquisa conduz a delimitação da pesquisa, ao problema e premissas do estudo, aos objetivos e justificativas para a pesquisa. Inicialmente, se estruturou o escopo da pesquisa em quatro fases: seleções e delimitações da pesquisa, planejamento, aprofundamento dos conhecimentos teóricos, coleta e análise dos dados que constituem os resultados da pesquisa. Essas fases são providas de dinamismo próprio e promovem *feedbacks* a todo tempo que possibilitam ajustes e melhorias em todas as fases da pesquisa.

Na fase inicial dessa pesquisa, a seleção da área e o tema da pesquisa foram construídos pelo interesse da pesquisadora sobre o desenvolvimento sustentável das cidades, já identificado quando da realização do Mestrado em Governança e Sustentabilidade pelo ISAE – Instituto Superior de Administração e Economia, concluído em 2018, cuja dissertação abrangeu a Gestão Participativa, Práticas de Governança e o Desenvolvimento Sustentável em Cidades Turísticas de Pequeno Porte. A relevância do tema cidades e o desenvolvimento sustentável é destacado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE) e no Grupo de pesquisa Políticas Públicas e Dinâmicas de Desenvolvimento Territorial (PD2T), ambos da UTFPR, ao qual essa pesquisa está afiliada e alinhada.

O programa interdisciplinar do PPGTE (2020, *online*) entende que “[...] a sociedade humana se destaca pela capacidade de alterar o meio em que está inserida e essas modificações implicam também em alterações na fisionomia dessa sociedade.” Nesse contexto, promove investigações científicas multidisciplinares em três linhas de pesquisa: mediações e culturas, tecnologia e desenvolvimento e; tecnologia e trabalho. Essa pesquisa está vinculada à linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento que “[...] busca investigar, refletir, discutir, simular, instigar, temas voltados a elementos e a dinâmicas de processos de desenvolvimento territorial sustentável” e na “[...] na perspectiva do desenvolvimento territorial sustentável, principalmente urbano, destacam-se: [...] cidades, [...] estudos de futuro, gestão ambiental, gestão de resíduos sólidos, [...] indicadores socioeconômicos e

ambientais, políticas públicas.” O grupo de pesquisa PD2T (2020, *online*), por sua vez, tem a finalidade de discutir “[...] sobre o papel e a interação dos atores locais (Estado, sociedade e empresas) no processo de desenvolvimento territorial” e; [...] propõe-se a desenvolver modelos, simular, avaliar e compreender as políticas públicas e o processo de desenvolvimento territorial.” Desta forma, alinhando-se ao PPGTE e ao PD2T, o interesse inicial da pesquisa sobre desenvolvimento sustentável e cidades somou-se aos estudos sobre políticas públicas relacionadas à economia circular, na qual o resíduo é material a ser reconduzido ao sistema produtivo. A compreensão do papel fundamental do processo de políticas públicas para o desenvolvimento das cidades foi de encontro a experiência da pesquisadora em ter trabalhado por mais de vinte e sete anos em empresa pública, agente de implementação de políticas públicas em áreas que refletem no desenvolvimento das cidades como programas habitacionais, saneamento básico, infraestrutura, crédito e programas sociais de governo. Sob orientação do Prof. Dr. Christian Luiz da Silva, o agrupamento diplomático por acordos multilaterais BRICS, composto pelos países Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul foi tomado como delimitação espacial do estudo dado sua relevância atual no cenário nacional e mundial.

Assim, a primeira versão da questão de pesquisa foi definida em: quais aspectos são importantes à formação de políticas públicas urbanas relacionadas à economia circular que podem promover o desenvolvimento sustentável das cidades dos países do BRICS; sendo o objetivo geral da pesquisa: propor modelo de políticas públicas urbanas relacionadas à economia circular que promovam o desenvolvimento sustentável das cidades dos países do BRICS e; os objetivos específicos: identificar as características essenciais às cidades sustentáveis, identificar as características fundamentais à economia circular e examinar as políticas públicas adotadas por cidades sustentáveis relacionadas à economia circular.

A fase do planejamento englobou uma planificação central das etapas a serem seguidas em cronograma estabelecido para o alcance dos objetivos da pesquisa, bem como se subdividiu em planos menores sistematizando as tarefas semanais e mensais. Face a pandemia do Covid-19, que teve seu início em março de 2020, o planejamento foi se adequando ao que poderia ser executado em cada período, segundo as alterações e restrições impostas no enfrentamento da pandemia.

O aprofundamento do conhecimento para o desenvolvimento da pesquisa se deu de duas formas que se complementam. A primeira é o conhecimento adquirido

nas disciplinas cursadas no PPGTE e as reflexões instigados pelos docentes do programa. A segunda é o conhecimento adquirido na revisão sistemática para a formação do referencial teórico que fundamentam a coleta e análise dos dados. Nessa fase, além do conhecimento adquirido buscou-se lacunas do conhecimento e questões de pesquisa que oportunizaram a revisão do problema da pesquisa, da delimitação da pesquisa e de seus objetivos geral e específicos.

A coleta e análise dos dados segundo os objetivos e planejamento revisados permitiram o alcance dos resultados da pesquisa, como também esclareceram as limitações da pesquisa e a identificação de novos rumos de pesquisa sobre o objeto desse estudo.

Essas fases envolveram a adoção de procedimentos metodológicos teóricos que fundamentaram as práticas da pesquisa dentro do rigor científico que atribuíram ao estudo a sua validade e confiabilidade. Nesta seção são detalhados a metodologia teórica e prática empregadas para o desenvolvimento da pesquisa e o alcance dos objetivos propostos. Para tal, a seção apresenta os métodos para revisão sistemática da literatura que inclui a análise bibliométrica, a abordagem metodológica e o planejamento para a coleta e análise dos dados da pesquisa, ou seja, sua execução.

3.1 Revisão sistemática da literatura

A partir da definição do tema da pesquisa e a delimitação das subáreas que se pretendeu trabalhar foram empregados a análise bibliométrica e a revisão sistemática para refinar, ajustar e formar o corpo teórico da pesquisa. A análise bibliométrica visou quantificar as produções científicas em determinado período nas bases selecionadas, permitindo analisar a relevância do tema e sua evolução no período, além de identificar os principais autores, suas referências, as obras mais citadas e de maior fator de impacto, bem como os periódicos que mais abordam os temas da pesquisa (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012; RUTHES; SILVA, 2015; SOARES et al., 2016). A revisão sistemática consistiu em identificar, selecionar, coletar dados, analisar de forma crítica e sintetizar os resultados de produções científicas relevantes acerca de determinado tema (RAMOS; FARIA; FARIA, 2014; GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015). Porém, “[...] o valor da revisão sistemática depende do que foi feito, do que foi descoberto, e da clareza do relato. [...] a qualidade dos relatos das revisões sistemáticas varia, limitando a habilidade dos leitores de

avaliar os pontos fortes e fracos dessas revisões" (GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015). Uma revisão sistemática de qualidade é precedida de uma criteriosa análise bibliométrica em bases relevantes ao tema da pesquisa. A fim de garantir a confiabilidade e a validade do estudo os processos metodológicos adotados e aceitos pela comunidade científica são demonstrados no corpo da pesquisa, minimizando os fatores aleatórios e a subjetividade da pesquisa (AFONSO *et al*, 2011).

Nessa pesquisa foram adotadas as etapas recomendadas por Ruthes e Silva (2015) para a análise bibliométrica, que se baseiam no processo *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)* de Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012), no método de priorização multicritério e no protocolo Prisma para a revisão sistemática. Em adição foi adotado as premissas da análise de conteúdo de Bardin (2008) para a análise dos dados coletados.

O processo ProKnow-C indica que a construção do conhecimento inicia com a escolha do tema de pesquisa segundo o interesse do pesquisador e se estrutura em quatro estágios: (i) seleção do portfólio bibliográfico; (ii) análise bibliométrica; (iii) análise sistêmica e (iv) elaboração dos objetivos do estudo (AFONSO *et al*, 2011; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012). A adoção do método para a análise da literatura confere à pesquisa o respaldo científico se baseando em publicações já aceitas, justifica a seleção do tema e seus eixos de estudo, fundamenta os procedimentos metodológicos adotados, delimita o propósito do trabalho e habilita o pesquisador à análise crítica e à síntese dos dados (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012). Esses autores observam que a seleção dos artigos é precedida por uma investigação preliminar, que define a cronologia da pesquisa, as bases de dados a serem pesquisadas e as palavras-chave que serão utilizadas.

O método multicritério subsidia o pesquisador na seleção das produções cientificas para a revisão sistemática definindo critérios de priorização na seleção dos artigos, assegurando o rigor científico ao estudo e um portfólio literário alinhado ao tema e propósito da pesquisa. Treinta *et al*. (2014) sinaliza a priorização de seleção para os seguintes eixos: tema, artigo e número de citações, autor e periódico. O critério de alinhamento do tema é estabelecido pelo pesquisador de acordo com seus objetivos para o estudo e é obtido pela leitura das palavras-chave e do resumo do artigo. O número de citações do artigo indica sua relevância do tema abordado, porém há de se considerar o tempo de publicação da obra, bem como o ineditismo de um determinado assunto. Para os autores são considerados os índices, o somatório de

suas obras e o número de citações dessas obras. O periódico de publicação do artigo e a base de periódicos ao qual estão indexados indicam o grau de relevância e excelência da obra, sendo importante observar os periódicos que publicam temas relacionados a pesquisa em questão. A plataforma Scopus é um exemplo de base de dados de expressiva relevância acadêmica em diversas áreas de pesquisa. Todos esses critérios são fundamentais para alinhar a seleção dos artigos aos resultados esperados da pesquisa.

O protocolo Prisma, por sua vez, tem por objetivo auxiliar os pesquisadores a aprimorar o arcabouço e a explanação de revisões sistemáticas e de meta-análises, através de um *checklist* de vinte e sete itens estruturados em quatro fases: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão. O *checklist* abrange todas as seções de uma produção científica, ou seja, o título, resumo, introdução, métodos, revisão da literatura, resultados e discussões. A princípio, a recomendação Prisma era voltada a ensaios clínicos, porém essa pode e passou a ser utilizada para o alinhamento de revisões sistemáticas de pesquisas em outras áreas. (GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015)[9]. Esses autores destacam que o c*hecklist* do protocolo Prisma não é um instrumento de avaliação de revisões sistemáticas e meta-análises e; apesar dos itens cobrirem todos os pontos fundamentais de um trabalho científico, é possível realizar algumas alterações a fim de se adequar a certas peculiaridades da pesquisa.

A análise de conteúdo, por sua vez, conforme Bardin (2008, pg. 31) consiste em:, “a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações.” Silva e Fossá (2015, pg.3) expõem que “a análise de conteúdo, atualmente, pode ser definida como um conjunto de instrumentos metodológicos, em constante aperfeiçoamento, que se presta a analisar diferentes fontes de conteúdo (verbais ou não-verbais).”

O método permite classificar os conteúdos em categorias de forma sistemática e objetiva por meio quantitativo e qualitativo (BARDIN, 2008). “Quanto à interpretação, a análise de conteúdo transita entre dois polos: o rigor da objetividade e a fecundidade da subjetividade. [...] Jamais esquecendo, do rigor e da ética, que são fatores essenciais (SILVA; FOSSÁ, 2015, p.3) na pesquisa científica. Esses autores

[9] Esta obra é a tradução para o idioma português do documento: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. Disponível em: www.prisma-statement.org.

indicam que a análise do material pode ser classificada por temas ou categorias, ambos utilizados nesta tese.

Na análise temática os conteúdos são divididos em temas centrais, que podem ser subdivididos em subtemas (BARDIN, 2008). Esta técnica foi utilizada para a análise dos conteúdos da revisão sistemática desta tese, conforme Quadro 21 - Estrutura da revisão sistemática: eixos centrais e subtemas, enquanto para a análise dos dados coletados para a apresentação dos resultados, em resposta a questão de pesquisa e aos objetivos desta tese são empregados a análise categorial semântica.

Nesta análise o conteúdo dos dados coletados é agrupado conforme sua analogia e pode ser subdividido em unidades de contexto, unidades de análise e unidades de registro (BARDIN, 2008; SILVA; FOSSÁ, 2015). “A opção pela análise categorial se respalda no fato de que é a melhor alternativa quando se quer estudar valores, opiniões, atitudes e crenças, através de dados qualitativos” (SILVA; FOSSÁ, 2015, p. 7-8). Bardin (2008) explica que as unidades de registro são segmentos do conteúdo considerados como base para a categorização. Essas unidades de base podem ser à nível de tema, significados ou palavras-chave. O tema enquanto unidade de registro expõe significados do conteúdo dos textos. “O texto pode ser recortado em ideias constituintes, em enunciados e em proposições portadores de significações isoláveis” (BARDIN, 2008, p. 131). As unidades de contexto servem para compreender a codificação das unidades de registro, clarificando as dimensões que foram atribuídas ao estudo, considerando seu custo e pertinência. As unidades de análise (ou de registro) respondem aos objetivos do estudo se aglutinando em subcategorias e categorias de análise (CAMPOS, 2004).

Segundo Bardin (2008) a análise do conteúdo segue três fases de análise: (i) pré-análise; (ii) exploração do material e (iii) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação, que orientam a análise dos dados desta pesquisa.

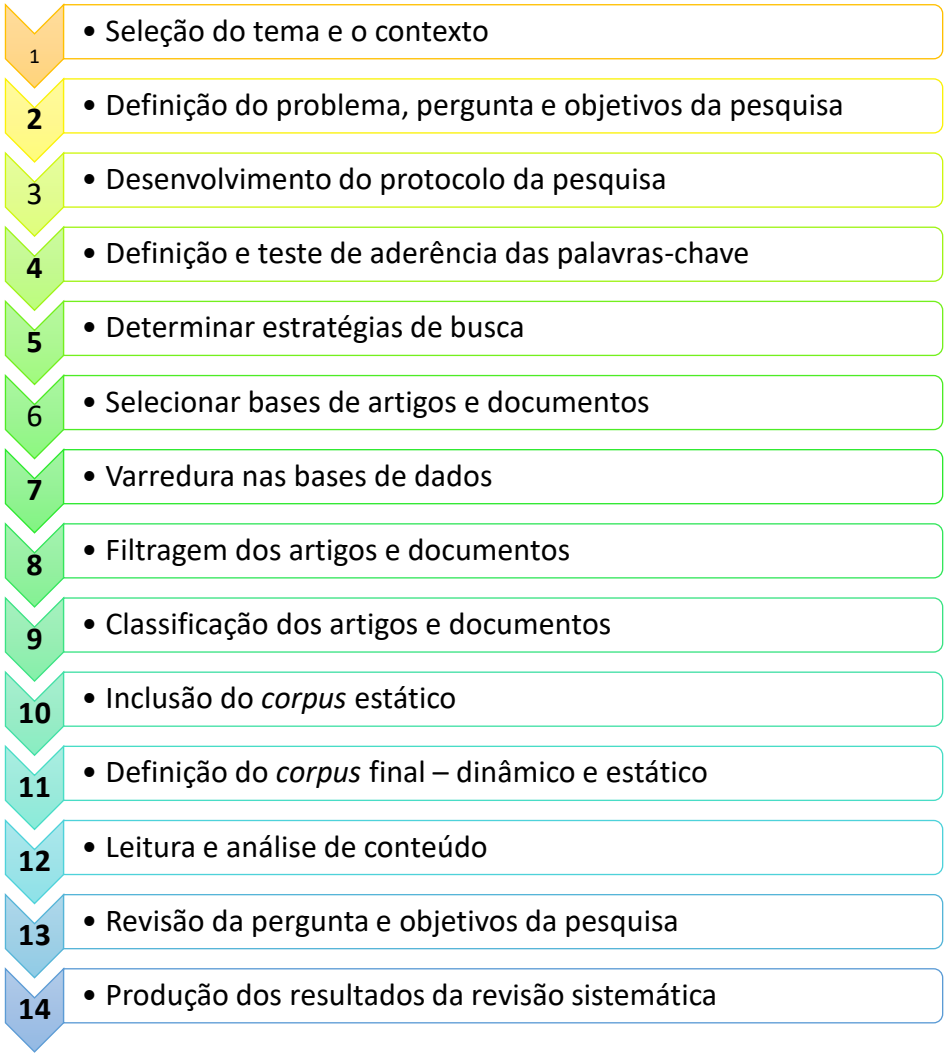
A fase da pré-análise compreende a leitura flutuante do conteúdo dos dados coletados, seleção dos documentos para a análise, formulação dos objetivos e hipóteses, definição de indicadores para interpretação do conteúdo e a preparação do material, que engloba atividades como a edição de entrevistas e tradução de material coletado. É importante que esta fase esteja alinhada aos princípios da exaustividade, em que se busca abarcar todos os elementos possíveis, da representatividade, da homogeneidade e da pertinência (BARDIN, 2008; SILVA; FOSSÁ, 2015).

A exploração do material ou codificação constitui a segunda fase da análise de conteúdo. Nesta fase o material coletado é agregado em unidades de registro e categorizado por temas (BARDIN, 2008; OLIVEIRA, 2008; SOUZA, 2016), segundo as unidades de análise definidas (CAMPOS, 2004). Souza (2016) ressalta a importância da seleção dos temas, pois podem surgir temas repetidos não relevantes ao objeto da pesquisa, tornando-se temas reprimidos. Por outro lado, Campos (2004, p. 614) argui que as unidades de análise podem ser agrupadas por freqüenciamento (conteúdos repetidos) ou "[...] por relevância implícita (tema importante que não se repete no relato de outros respondentes, mas que guarda em si, riqueza e relevância para o estudo)."

Segundo Bardin (2008), a terceira fase se destina ao tratamento dos resultados obtidos e sua interpretação, transformando-os em resultados válidos à pesquisa. A fim de conferir maior rigor ao estudo é desejável que os resultados sejam submetidos a testes de validação e podem ser condensados em quadros, tabelas ou figuras. Além disso, "[...] os resultados obtidos, a confrontação sistemática com o material e o tipo de inferências alcançadas podem servir de base a uma outra análise disposta em torno de novas dimensões teóricas, ou praticada graças a técnicas diferentes" (BARDIN, 2008, p. 128).

Com base no processo *ProKnow-C*, na priorização multicritério, no protocolo Prisma e na análise de conteúdo as etapas adotadas para a revisão sistemática dessa pesquisa são apresentadas na Figura 25 - Fases da revisão sistemática.

Figura 25 - Fases da revisão sistemática



Fonte: Adaptado de Treinta et al. (2014); Ruthes e Silva (2015).

As fases 1 e 2 da revisão sistemática, seleção do tema e contexto, definição do problema, pergunta e objetivos da pesquisa foram formatados inicialmente quando do desenvolvimento da introdução dessa tese de doutorado e citados no início dessa seção. A fase 3, desenvolvimento do protocolo da pesquisa seguiu as recomendações do processo *ProKnow-C*, do método multicritério alinhados ao protocolo Prisma, conforme apresentado nessa seção. A partir da contextualização e definições iniciais a revisão sistemática avançou para a fase 4, definição e teste de aderência das palavras-chave.

3.1.1 Palavras-chave: definição e teste de aderência

A base de conhecimentos adquiridos nas disciplinas cursadas no PPGTE e no desenvolvimento da dissertação de mestrado contribuíram na seleção e definição do tema de pesquisa, assim como das palavras-chave para a pesquisa dessa tese. A fase 4, definição e teste de aderência das palavras-chave compreendeu a escolha de palavras-chave com base no aprofundamento do tema de pesquisa e a validação das palavras-chave em teste de aderência em base de dados de ampla divulgação (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012; RUTHES; SILVA, 2015).

As palavras-chave escolhidas inicialmente para realizar o teste de aderência foram: (i) “desenvolvimento sustentável”, (ii) “cidades sustentáveis”, (iii) “economia circular”, (iv) “políticas públicas” e (iv) “BRICS”, enquanto sigla do agrupamento de países Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. O teste de aderência foi realizado em dezembro de 2019 e atualizado em novembro de 2020 na plataforma Google Acadêmico por sua abrangência nacional e internacional, tendo como linha temporal de pesquisa o período específico de 2015 a 2020. A pesquisa foi efetuada no idioma português e inglês e, portanto, as palavras-chave em inglês pesquisadas foram: (i) “*sustainable development”*, (ii) “*sustainable cities”*, (iii) “*circular economy”*, (iv) “*public policy”* e (v) “BRICS”. O Quadro 20 - Produção científica google acadêmico (2015-2020) expõem os resultados da pesquisa efetuada em novembro de 2020. Os resultados são expressos pelos números quantificáveis aproximados de estudos publicados e informados pela plataforma referente ao período selecionado.

Quadro 20 - Produção científica google acadêmico (2015-2020)

Seção	Palavra-chave	Resultado	Keywords	Resultado
1	"Desenvolvimento sustentável"	29.200	"Sustainable development"	529.000
2	"Cidades sustentáveis"	5.890	"Sustainable cities"	23.900
3	"Economia circular"	4.220	"Circular economy"	44.500
4	"Políticas públicas"	254.000	"Public policy"	1.270.000
5	“BRICS”	38.300	“BRICS”	38.300
	Total	331.610	Total	653.100

Fonte: Autoria própria (2023)

O teste de aderência das palavras-chave que compõem os eixos principais da revisão sistemática demonstrados no Quadro 21 expõe que os mesmos possuem maior aderência quando pesquisados no idioma inglês e; portanto, foi aplicado para a busca dos artigos. Todas as palavras-chave têm significativo aumento de publicações encontradas em inglês e; há de se considerar que muito provavelmente o estudo relacionado às palavras-chave em português tenham suas respectivas *keywords* no mesmo estudo. As palavras-chave selecionadas para formar inicialmente os descritores dessa tese de doutorado são: (i) "*sustainable development"*, (ii) "*sustainable cities"*, (iii) "*circular economy"*, (iv) "*public policy"* e (v) "BRICS".

3.1.2 Base de dados: estratégias de busca, seleção e varredura

As fases 5, 6 e 7 da revisão sistemática estão relacionadas às bases de dados e se destinam a determinar as estratégias de busca, selecionar as bases de artigos e documentos e realizar a varredura nas bases de dados. A estratégia empregada para a busca de bases de dados alinhados aos objetivos da pesquisa concentrou-se em formar descritores com as palavras-chave selecionadas e realizar uma pesquisa bibliométrica nas principais bases internacionais e nacionais. A pesquisa bibliométrica foi realizada em dezembro de 2019 e atualizada em dezembro de 2020. As palavras-chave "desenvolvimento sustentável", "cidades sustentáveis", "economia circular", "políticas públicas" e "BRICS" aplicados em inglês *"sustainable development", "sustainable cities", "circular economy", "public policy"* e "BRICS" são relacionadas as letras A, B, C, D e E respectivamente para a formação dos descritores. De acordo com Ruthes e Silva (2015, p. 4), a pesquisa bibliométrica contribui também para "[...] definir a relevância e o ineditismo de uma pesquisa, pois evidencia as lacunas em determinadas áreas do conhecimento que podem ser exploradas." As bases selecionadas segundo o critério de abrangência e relevância foram a Web of Science, Scopus e Scielo, que são indexadas no portal de periódicos Capes. Foi adicionado à seleção a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) no intuito de verificar as produções de teses e dissertações relacionadas ao tema dessa tese. Nessas bases a revisão bibliométrica foi delimitada em *article title*, *abstract* e *keywords*. Posteriormente a seleção concentrou-se nos resumos. A Tabela 5 apresenta os resultados da pesquisa bibliométrica, demonstrando a quantidade de produções científicas publicadas nessas bases no período de 2015 a 2020.

Tabela 5 – Produção científica: 2015 a 2020

Descritores	Web of Science	Scopus	Scielo Org	BDTD
A + B	286	800	6	23
A + C	785	1.670	8	11
A + D	319	1.634	35	118
A + E	66	95	0	1
Total	1456	4.199	49	153
B + C	16	32	0	0
B + D	15	50	1	10
B + E	0	0	0	0
Total	31	82	1	10
C + D	17	85	0	5
C + E	1	0	0	0
Total	18	85	0	5
D + E	10	41	1	3
Total	10	41	1	3
A + B + C + E	0	0	0	0
A + B + C + D + E	0	0	0	0
Total	0	0	0	0

Legenda:

A = "sustainable development"
B = "sustainable cities"
C = "circular economy",
D = "public policy"
E = "BRICS"

Fonte: Autoria própria (2023)

Constata-se na Tabela 5 que as bases da Web of Science e Scopus são as que apresentam o maior número de publicações relacionadas aos descritores e; portanto são as bases selecionadas para a filtragem dos artigos. Contudo, os trabalhos publicados na Scielo.org e na BDTD foram verificados com a finalidade de examinar se havia algum estudo com forte aderência ao tema da tese.

A pesquisa bibliométrica apontou um total de 6.144 produções científicas vinculadas aos descritores, um aumento de 25,31% de produções em relação a pesquisa bibliométrica efetuada em dezembro de 2019, destacando um maior acréscimo aos descritores que possuem a palavra-chave "*circular economy*".

Observa-se que quando é suprimido o descritor A = "*sustainable development*" o número reduz para 287 publicações no período de 2015 a 2020.

Outras bases foram selecionadas para a busca de documentos e publicações de estudos seguindo o critério de relevância internacional e nacional como a United Nations (UN), World Bank (WB), Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Com as bases selecionadas seguiu-se para as fases de composição do portfólio de artigos e documentos.

3.1.3 Portfólio de artigos e documentos: filtragem, classificação, inclusão de *corpus* estático e definição do portfólio final

A filtragem e a classificação de artigos e documentos, a inclusão do *corpus* estático e a definição do *corpus* final = dinâmico e estático compõem as fases 8, 9, 10 e 11 da revisão sistemática. Essas fases seguiram o método *PróKnow-C* de filtragem, classificação e definição do portfólio bibliográfico (AFONSO *et al*. 2011; RUTHES; SILVA, 2015), do método multicritério na delimitação de critérios para a seleção dos artigos e documentos, como por exemplo, relevar os autores, citações e periódicos (TREINTA *et al*., 2014) e da análise de conteúdo (BARDIN, 2008).

Para a execução da filtragem de artigos e documentos nas bases de dados foi estabelecido seis eixos centrais para a revisão sistemática que são: (i) territorialidade e sustentabilidade das cidades, (ii) cidades sustentáveis, inteligentes, criativas e inovadoras, inclusivas e igualitárias, resilientes (iii) economia circular, (iv) políticas públicas e a economia circular (v) Resíduos de Equipamentos Eléttricos e Eletrônicos (REEE) e (vi) BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. "Definidos os eixos de pesquisa, isto é, o tema que determinará a pesquisa que será realizada, se faz necessário estipular quais serão as palavras-chave utilizadas nos mecanismos de busca a fim de se obter os artigos científicos no tema desejado" (AFONSO *et al,* 2011). Com base nos eixos de pesquisa realizou-se a filtragem das produções científicas e documentais do portfólio bruto, que seguiram as seguintes etapas: (i) exclusão dos artigos duplicados entre as bases, (i) leitura do título e (iii) leitura do resumo, verificando o alinhamento da produção ao tema, eliminado os que não contribuiriam com os objetivos da pesquisa. Após essa primeira filtragem, observou-se os critérios do ano de publicação, preferencialmente de 2015 até a mais

recente data, o número de citações, autores que possuem mais publicações sobre o tema em questão e o periódico de publicação para a filtragem final dos artigos e documentos. Além disso, nessa fase foi estabelecido os subtemas a serem tratados em cada tema central da revisão, com base na sistematização proposta pela análise de conteúdo.

O Quadro 21 mostra a conformação dos temas centrais e os subtemas a serem abordados na estrutura da revisão sistemática.

Quadro 21 – Estrutura da revisão sistemática: temas centrais e subtemas

Temas centrais	Subtemas
1. Territorialidade e sustentabilidade das cidades	▪ Território e territorialidade. ▪ Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. ▪ Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).
2. Cidades inteligentes e sustentáveis e outros *brandings* urbanos contemporâneos	▪ Cidades sustentáveis. ▪ Cidades inteligentes e sustentáveis ▪ Cidades criativas e inovadoras. ▪ Cidades Inclusivas e igualitárias. ▪ Cidades resilientes.
3. Economia circular	▪ Conceitual e características. ▪ Comparação ao modelo linear.
4. Políticas Públicas e a Economia Circular	▪ Políticas públicas para a transição para a economia circular. ▪ Cases de países.
5. Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)	• Definição e categorias. • PIB, PIB per capita, população e urbanização. • Gestão de REEE. • Legislação de REEE nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. • *Eco-design*, produção mais limpa e logística reversa.
6. BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul	▪ Formação do BRICS. ▪ Análise de dados socioeconômicos e ambientais do BRICS.

Fonte: Autoria própria (2023)

A definição da estrutura dos eixos centrais e seus subtemas foi fundamental para viabilizar uma filtragem mais objetiva e assertiva das produções bibliográficas e documentais. Os subtemas foram estabelecidos após leituras não-estruturadas sobre os temas e; para cada eixo central foi percorrido as fases de 8 a 11 para a definição de seu portfólio final, alinhados à questão e objetivos da pesquisa. O Mendeley foi utilizado como parte do apoio técnico para o gerenciamento das produções científicas e das referências.

Na fase 9, classificação dos artigos e documentos, as produções foram classificadas de acordo com o eixo central e seus subtemas. Para tal, foi criado uma estrutura de pastas salvas em *OneDrive* para a organização e arquivo das produções por eixo do tema, No eixo cidades foi adotado ainda a classificação em subpastas, por envolver conceitualizações distintas. As subpastas utilizadas foram: sustentáveis, criativas e inovadoras, inclusivas e igualitárias e; resilientes.

A inclusão do *corpus* estático compõe a fase 10 da revisão sistemática, no qual foram selecionados e incorporados ao portfólio autores e produções que formam as bases e as vertentes empregadas para a fundamentação teórica. A seleção do *corpus* estático se deu de duas formas: a primeira ocorreu ao longo das disciplinas cursadas, quando do estudo de obras conceituadas relacionadas ao tema dessa pesquisa e a segunda ocorreu na filtragem dos artigos, no qual buscou-se produções de grande relevância acadêmica sobre os eixos centrais da pesquisa. Adotou-se enquanto *corpus* estático produções anteriores a 2015 e *corpus* dinâmico produções publicadas a partir de 2015. O Quadro 22 apresenta os principais autores e obras que serviram de alinhamento teórico a essa tese de doutorado.

Quadro 22 - Corpus estático: principais autores

Autores	**Obras**
SACHS, Ignacy	Ecodesenvolvimento crescer sem destruir, 1986.
	Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável no Brasil, 2007.
	Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado. 2008.
	Caminhos para o desenvolvimento sustentável. 2009.
MEADOWS, Donella H. et al.	The limits to growth: a report to the club of Rome, 1972.
	Beyond the Limits to Growth. 1992.
	Limits to growth: The 30-year update., 2004.
SEN, Amartya	Desenvolvimento como liberdade, 2010.
MACARTHUR, Ellen	Cities in the circular economy: An initial exploration. 2017.
LEITE, Carlos e	Cidades sustentáveis, cidades inteligentes:
AWAD, Juliana di Cesare Marques.	desenvolvimento sustentável num planeta urbano, 2012.
DYE, Thomas R.	Understanding public policy, 2011.
MAZZUCATO, Mariana.	The Entrepreneurial State. 2011.

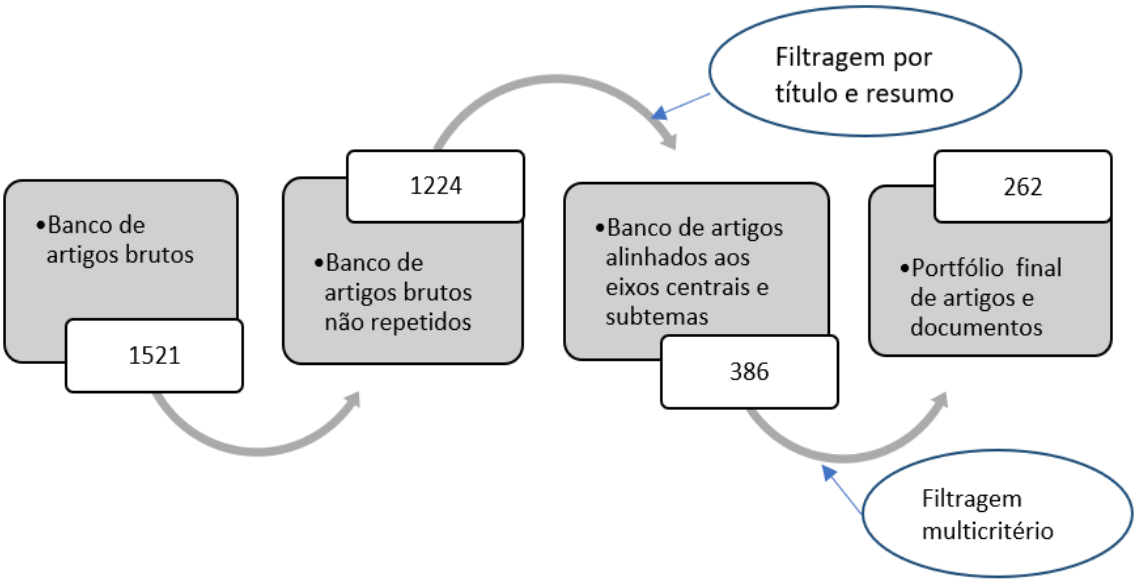
Fonte: Autoria própria (2023)

Os autores citados influenciaram diretamente no arcabouço da linha teórica empregada nessa pesquisa, sendo que Ignacy Sachs, Donella H. Meadows *et al.* e Amartya Sen forneceram os fundamentos teóricos para o tema do desenvolvimento

sustentável, Ellen MacArthur para a economia circular, Carlos Leite e Juliana di Cesare Marques Awad para cidades inteligentes e sustentáveis e; Thomas R. Dye e Mariana Mazzucato para o processo de políticas públicas. Cabe observar que apesar das obras desses autores estarem ligados a um eixo, elas se interrelacionam no cenário micro, meso e/ou macro. Outros autores de relevância acadêmica, que dialogam sobre os eixos centrais e seus subtemas foram incorporados ao estudo. Soma-se a esses autores documentos publicados sobre as posições tomadas pelos órgãos intragovernamentais United Nations, European Comission e World Bank frente aos desafios globais da sustentabilidade urbana. Desta forma, o *corpus* estático foi formado por 52 artigos e documentos na composição final do portfólio.

A fase 11, definição do portfólio final, dinâmico e estático, se refere a seleção final do portfólio de artigos e documentos para a revisão sistemática. Definiu-se o corte temporal de 2015 entre o *corpus* estático e dinâmico em função do acordo global firmado entre os países membros das Nações Unidas pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ao qual essa pesquisa se alinha. A Figura 26 – Portfólio bibliográfico e documental final exibe o fluxograma que resume o processo de filtragem dos artigos e documentos segundo os métodos *ProKnow-C* e Prisma.

Figura 26 – Portfólio bibliográfico e documental final



Fonte: Autoria própria (2023), adaptado de Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012); Galvão, Pansani e Harrad (2015)

Verifica-se que o processo de filtragem dos artigos seguindo o método *ProKnow-C* iniciou com um banco bruto de 1521 artigos e documentos, que após a exclusão dos artigos duplicados resultaram em um total de 1224 produções. Planilhas

no Excel auxiliaram o processo de filtragem até a exportação dos artigos para o organizador de referências Mendeley e salvo nas pastas OneDrive. Após a exclusão dos artigos duplicados, procedeu-se a filtragem descrita na fase 8 de alinhamento do título e resumo, que resultou em 386 artigos e documentos. Destes, aplicando o método multicritério igualmente descrito na fase 8 foram selecionados 262 artigos e documentos para compor o portfólio final. O processo de filtragem e seleção final ocorreu entre fevereiro e dezembro de 2020 e após a qualificação do projeto de pesquisa em março de 2021.

Deste modo, o portfólio final de artigos e documentos que forneceram a base para a fundamentação teórica dessa tese foi composto de 262 artigos e documentos, sendo que destes 58 formaram o *corpus* estático, ou seja, 22,14% do total de produções, enquanto 204 formaram o *corpus* dinâmico, ou seja, 77,86% do total. A Figura 27 esquematiza esta composição.

Figura 27 – Corpus final: estático e dinâmico

Fonte: Autoria própria (2023)

,

Após formar o portfólio de artigos e documentos iniciou-se a fase 9, com a leitura e análise dos materiais selecionados.

3.1.4 Fundamentação teórica: leitura e análise, revisão dos objetivos e produção

A leitura e análise dos artigos e documentos, a revisão da pergunta e dos objetivos da pesquisa e; a produção dos resultados da revisão sistemática constituíram respectivamente as fases finais 12, 13 e 14 da revisão sistemática.

Na fase 12, para a leitura e análise dos materiais foi utilizado um esquema de trabalho que tornou a tarefa mais objetiva e com maior rapidez. Com os materiais organizados por eixos centrais, a leitura iniciou-se com uma visualização geral da estrutura do conteúdo dos artigos e documentos, buscando classificá-los por subtemas de cada eixo. Em um segundo passo, a leitura e análise integral das

produções procurou categorizar o conteúdo em cinco segmentos: (i) conceitos, (ii) características, (iii) estratégias, (iv) análise crítica e (v) *cases*. Essa ordem foi seguida na fase 14 de produção da fundamentação teórica, intercalando os *cases,* quando apropriado, às estratégias e análise.

Observa-se que para cada eixo central da pesquisa foi percorrida as fases de leitura, análise e produção (12 e 14), mantendo o alinhamento ao tema da pesquisa, avaliando questões pouco ou não exploradas na literatura, bem como caminhos de investigação futura, haja visto que a sustentabilidade urbana é um mote em constante construção. Desta forma, ao final da produção da fundamentação teórica de cada eixo central foi possível elencar algumas questões, lacunas e a necessidade de estudos futuros. Essas observações finais de cada eixo serviram para revisar a questão e os objetivos da pesquisa a que se refere a fase 13 da Figura 25 - Fases da revisão sistemática.

A revisão da literatura destacou que com o crescente aumento da população e urbanização, as cidades se tornaram o *locus* das mudanças globais esperadas. Os ideais globais (como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS) almejam o agir local. Entretanto, as realidades e desafios urbanos são diversos frente a escassez de recursos naturais e o aumento da geração de resíduos e em especial dos REEE. Nesse sentido, políticas públicas que incorporem a participação social em responsabilidades compartilhadas viabilizam a promoção do desenvolvimento sustentável do território.

Nesse contexto, os países do BRICS enfrentam esses desafios em comum, ou seja, aumento da população, urbanização crescente, escassez de recursos naturais e geração de resíduos. Como uma das resultantes desses processos, China, Índia, Brasil e Rússia são listados entre os países que geram a maior quantidade de resíduos eletroeletrônicos no mundo. A África do Sul detém esta posição em relação ao continente africano.

No intuito de melhor alinhar-se às questões latentes do cenário atual, cujos conhecimentos foram aprofundados na revisão sistemática, o *corpus* estático e dinâmico, a questão e os objetivos dessa pesquisa de tese de doutorado foram revisados na fase 13. De acordo com Luna (1996, p. 15), “[...] o processo de pesquisa é dinâmico,” e o pesquisador deve “[...] estar atento à realidade que pesquisa e ser sensível às alterações que ela pode exigir.” Esse autor enfatiza que um projeto de

pesquisa necessita de uma pausa para reconsiderações e ajustes. Desta forma, a pergunta e os objetivos de pesquisa passam a ser:

Pergunta

- Quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS?

Objetivo Geral

- Apresentar um framework para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS.

Objetivos específicos

1. Descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS.

2. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE.

3. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS.

4. Apreciar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS.

As palavras-chave passam a ser desenvolvimento sustentável, metrópoles sustentáveis, economia circular, resíduo de equipamentos elétrico e eletrônico (REEE) e BRICS, que em inglês são: *sustainable development, sustainable cities, circular economy, waste electrical and electronic equipment (e-waste)* e BRICS. A palavra-chave políticas públicas foi suprimida no entendimento que o objetivo geral da tese de propor um *framework* construirá aspectos teóricos para o desenvolvimento de políticas

públicas, assim como de outras ações estruturantes. Não sendo, portanto, o objetivo dessa tese delinear políticas públicas.

O teste de aderência da palavra-chave “resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos” e “*waste electrical and electronic equipment*” ou “*e-waste*” foi realizado em dezembro de 2020 no Google Acadêmico para o período específico de 2015 a 2020 resultando em aproximadamente 15.900, 21.700 e 18.500 produções respectivamente. Observa-se que a palavra-chave “*waste electrical and electronic equipment”* é mais utilizada em países europeus e “*e-waste*” por órgãos intragovernamentais e em produções mais recentes. Adotou-se para essa tese a palavra-chave conjunta waste electrical and electronic equipment (e-waste) como empregado em Xavier e Ottoni (2019).

A pesquisa bibliométrica com a inclusão da palavra-chave “e-waste” e “waste electrical and electronic equipment” realizada em dezembro de 2020, é exposta na Tabela 6 na qual está representada pela letra F e G respectivamente.

Constata-se na tabela 6 que os descritores “*sustainable development*” e “e-waste” são os que possuem maior número de produções no período de 2015 a 2020 com 530 produções, seguidos pelo “*circular economy*” e “*e-waste*” com 306. Por outro lado, as produções que abrangem os descritores “*sustainable cities*” e “*e-waste*” e; “BRICS” e “*e-waste*” são mínimos e necessitam de mais estudos dado sua relevância atual. Quando a pesquisa empregou a palavra-chave “*waste electrical and electronic equipment*” associado a “*circular economy*” o descritor obteve 115 produções, enquanto associada a “*sustainable development*” obteve 103 produções. Porém, a relação com os demais descritores também gerou poucas produções.

Tabela 6 - Produção científica revisada 2015 a 2020

Descritores	Web of Science			
		Scopus	Scielo Org	BDTD
A + F	52	220	39	219
B + F	2	4	5	3
C + F	113	149	12	32
D + F	5	21	8	82
E + F	1	1	1	0
Total	168	374	65	254
A + G	24	78	0	1
B + G	1	1	0	0
C + G	52	69	2	2
D + G	2	8	0	1
E + G	1	1	0	0
Total	80	157	2	4
A + B + C + D + F	0	0	0	0
A + B + C + D + E + F	0	0	0	0
Total	0	0	0	0
A + B + C + D + G	0	1	0	0
A + B + C + D + E + G	0	0	0	0
Total	0	1	0	0

A = "sustainable development"
B = "*sustainable cities*"
C = "*circular economy*"
D = "*public policy*"
E = "BRICS"
F = "*e-waste*"
G = "*waste electrical and electronic equipment*"

Fonte: Autoria própria (2023)

O ineditismo da pesquisa dessa tese de doutorado comprovou-se quando pesquisados os descritores "*sustainable deveplopment*" e "*sustainable cities*" e "*circular economy*" e "*waste electrical and electronic equipment*" ou "*e-waste*" ou estes em junção com "BRICS". Nessa pesquisa foi localizada na base Scopus a produção - *Circular economy and environmental health in low - and middle-income countries* (WRIGHT et al., 2019), que teve por objetivo analisar os impactos dos resíduos dos equipamentos elétricos e eletrônicos na saúde da população, mas não no âmbito dos BRICS. Outra pesquisa foi localizada pelo descritor "*waste electrical and electronic equipment*" e "BRICS". A obra - *Waste electrical and electronic equipment management and Basel Convention compliance in Brazil, Russia, India, China and*

South Africa (BRICS) nations (GHOSH et al., 2016) consta na base Web of Science e Scopus e teve por objetivo analisar os sistemas existentes de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e o status de conformidade com a convenção da Basiléia nos países do BRICS. Nota-se que pesquisas sobre resíduos de equipamentos elétrico eletrônicos alinhados à economia circular e desenvolvimento sustentável já vem sendo explorados, ainda que não em grande soma, mas estes alinhados às cidades sustentáveis e políticas públicas, no âmbito do BRICS e dentro dos objetivos dessa tese de doutorado até o presente momento não foi localizado.

A finalização da revisão sistemática com a produção da fundamentação teórica percorreu todas as 14 fases previamente definidas e alinhadas ao *checklist* da recomendação Prisma, que é exposto no Quadro 23 - Checklist: protocolo Prisma preenchido conforme a pesquisa em questão.

Quadro 23 – Checklist: Protocolo Prisma

Seção/tópico	**N.**	**Item do *checklist***	Relatado na seção
TÍTULO			
Título	1	Identifique o artigo como uma revisão sistemática, meta-análise ou ambos.	Revisão sistemática
RESUMO			
Resumo estruturado	2	Apresente um resumo estruturado incluindo: introdução; objetivos; fonte de dados; síntese dos métodos; resultados.	Resumo e Abstract
INTRODUÇÃO			
Racional	3	Descreva a justificativa da revisão no contexto do que já é conhecido.	1.5
Objetivos	4	Apresente as questões abordadas com referência a participantes, intervenções, comparações, resultados e delineamento dos estudos.	1.1 a 1.5
MÉTODOS			
Protocolo e registo	5	Indique se existe o registro do protocolo de revisão.	Não se aplica à área de ciências sociais.
Critérios de elegibilidade	6	Especifique características do estudo e dos relatos (anos considerados, idioma, a situação da publicação) usadas como critérios de elegibilidade, apresentando justificativa.	3.1.1 a 3.1.4
Fontes de informação	7	Descreva todas as fontes de informação na busca (base de dados com datas de cobertura) e data da última busca.	3.1.2 e 3.1.4
Busca	8	Apresente a estratégia completa de busca eletrônica.	3.1.2 e 3.1.4
Seleção dos estudos	9	Apresente o processo de seleção dos estudos.	3.1.3 e 3.1.4
Processo de coleta de dados	10	Descreva o método de extração de dados dos artigos.	3.1.4
Lista dos dados	11	Liste as variáveis obtidas dos dados: eixos centrais e subtemas.	3.1.3

Risco de viés em cada estudo	12	Descreva os métodos usados para avaliar o risco de viés em cada estudo: considerado o viés relato seletivo nos estudos, no qual os autores podem ter avaliados múltiplos desfechos, mas relatados apenas alguns de maior conveniência. A pesquisa utiliza a triangulação de dados entre várias bases seguindo o critério de abrangência e relevância.	**3.1.2**
Medidas de sumarização	13	Defina as principais medidas de sumarização dos resultados: ao final da produção da fundamentação teórica de cada eixo central foi possível elencar algumas questões, lacunas e a necessidade de estudos futuros.	3.1.4
Síntese dos resultados	14	Descreva os métodos de análise dos dados e combinação de resultados dos estudos: foi categorizado cada estudos em cinco segmentos: (i) conceitos, (ii) características, (iii) estratégias, (iv) análise crítica e (v) *cases*.	3.1.4
Risco de viés entre estudos	15	Especifique qualquer avaliação do risco de viés que possa influenciar a evidência cumulativa: considerado o viés relato seletivo nos estudos. A pesquisa utiliza a triangulação de dados entre várias bases seguindo o critério de abrangência e relevância.	3.1.2 e 3.1.3
Análises adicionais	16	Descreva métodos de análise adicional: revisão da questão e dos objetivos da pesquisa a partir das questões, lacunas e necessidades de estudos futuros apontadas em cada estudo.	3.1.4
RESULTADOS			
Seleção de estudos	17	Apresente números dos estudos rastreados, avaliados para elegibilidade e incluídos na revisão, razões para exclusão em cada estágio, preferencialmente por meio de gráfico de fluxo.	3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4
Características dos estudos	18	Para cada estudo, apresente características para extração dos dados: eixos centrais, subtemas e categorias.	3.1.3 e 3.1.4
Risco de viés em cada estudo	19	Apresente dados sobre o risco de viés em cada estudo: considerado o viés relato seletivo nos estudos. A pesquisa utiliza a triangulação de dados entre várias bases seguindo o critério de abrangência e relevância.	3.1.2 e 3.1.3
Resultados de estudos individuais	20	Apresente para cada estudo: síntese, análise crítica, lacunas e proposições de estudos. Eixos centrais de estudos considerados: (i) territorialidade e sustentabilidade das cidades; (ii) cidades sustentáveis, inteligentes, criativas e inovadoras, inclusivas e igualitárias, resilientes; (iii) economia circular; (iv) políticas públicas e a economia circular; (v) Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) e (v) BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.	2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6
Síntese dos resultados	21	Apresente síntese dos resultados dos estudos centrais.	2.7
Risco de viés entre estudos	22	Apresente resultados da avaliação de risco de viés entre os estudos: considerado o viés relato seletivo nos estudos. A pesquisa utiliza a triangulação de dados entre várias bases seguindo o critério de abrangência e relevância.	2.7
Análises adicionais	23	Apresente resultados de análises adicionais, se realizadas: inserido estudo introdutório ao tema resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE, e-waste).	2.5
DISCUSSÃO			
Sumário da evidência	24	Sumarize os resultados principais.	2.7
Limitações	25	Discuta limitações no nível dos estudos e dos desfechos.	2.7
Conclusões	26	Apresente a interpretação geral dos resultados.	2.7
FINANCIAMENTO			
Financiamento	27	Descreva fontes de financiamento para a revisão sistemática e outros suportes.	Não há.

Fonte: Adaptado de Galvão, Pansani e Harrad (2015)

O alinhamento da pesquisa ao *checklist* do Protocolo Prisma permitiu verificar que todos os elementos considerados essenciais ao rigor científico da revisão

sistemática foram inseridos e cumpridos. Além disso, o aprofundamento dos conhecimentos sobre os eixos centrais e seus subtemas conduz a pesquisa à questão e aos objetivos de estudo, bem como norteia o pesquisador na abordagem metodológica a ser empregada.

3.2 Abordagem Metodológica

Um projeto de pesquisa pode resultar em vários formatos a depender das escolhas metodológicas do pesquisador. O importante é que a atividade do pesquisar possa ser “conceituada e delimitada” (LUNA, 1996). A confiabilidade, validade e generalizabilidade de uma pesquisa é alcançada quando o pesquisador revela de forma detalhada os passos que foram seguidos no estudo, como também expõem suas escolhas metodológicas (CRESWELL, 2010). De acordo com esse autor, a confiabilidade sinaliza que a abordagem selecionada é reconhecida e empregada em diversas pesquisas e por diferentes autores, enquanto a validade indica que o pesquisador utilizou procedimentos metodológicos para aferir os resultados. A generalibilidade da pesquisa requer que o pesquisador documente todos os procedimentos da pesquisa e desenvolva um protocolo de pesquisa, pelo qual a pesquisa possa ser replicada em outro cenário.

Nesse sentido, esse projeto de pesquisa de tese se alinha as pesquisas de natureza aplicada, pois concentra-se em identificar problemas, elaborar diagnósticos e buscar soluções às questões presentes no cotidiano dos diversos atores sociais, instituições ou organizações. A pesquisa aplicada pode empregar diversos procedimentos metodológicos, porém deve conter o devido rigor científico na definição do problema, na metodologia selecionada e na análise dos resultados, que devem ter o propósito de serem relevantes ao ambiente do estudo. Como a pesquisa aplicada se relaciona e impacta vários grupos de interesse, a ética é essencial a essas pesquisas (FLEURY; WERLANG, 2017).

A estratégia de abordagem da pesquisa, segundo Creswell (2010), são estabelecidos pela convergência de três elementos: (i) das concepções, das ideias filosóficas que o pesquisador adota; (ii) das estratégias de investigação que deseja aplicar na pesquisa, que podem seguir a linha quantitativa, qualitativa ou mista e; (iii) dos métodos de pesquisa, no qual o pesquisador define como realizará a coleta e a análise dos dados, que podem ser de ordem numérica, não numérica ou mista. A

seleção da estratégia de abordagem também é influenciada pela natureza do problema, das experiências vividas do pesquisador e pelo público-alvo do estudo. A abordagem ou enfoque da pesquisa são classificados em três diferentes tipos de projetos: quantitativos, qualitativos e mistos.

O enfoque de pesquisa quantitativo se caracteriza por medir fenômenos, utiliza a estatística, testa hipóteses e realiza análise de causa-efeito. O processo da pesquisa é sequencial, dedutivo, comprobatório e analisa a realidade objetiva, cujos benefícios propostos são a generalização dos resultados, o controle sobre os fenômenos, a precisão, a réplica e a previsão (SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO, 2013). A estratégia quantitativa envolve a pesquisa experimental e de levantamento (CRESWELL, 2010).

“A pesquisa qualitativa é um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano” (CRESWELL, 2010, p. 26). Para o autor, o processo de pesquisa qualitativa “[...] envolve as questões e os procedimentos que emergem, os dados tipicamente coletados no ambiente do participante, a análise dos dados indutivamente construída a partir das peculiaridades para os temas gerais e as interpretações feitas pelo pesquisador acerca do significado dos dados” (CRESWELL, 2010, p. 26). A estratégia investigativa qualitativa abriga as pesquisas de etnografia, teoria fundamentada, estudo de caso, pesquisa fenomenológica e a pesquisa narrativa (CRESWELL, 2010).

Por outro lado, a pesquisa mista acarreta ter a abordagem quantitativa e qualitativa em um mesmo estudo, no qual engloba deduções filosóficas e análises estatísticas, que normalmente envolve um esforço maior do pesquisador (CRESWELL, 2010; SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO 2013).

Assim sendo, a abordagem de pesquisa aplicada a essa tese é qualitativa, no qual “o pesquisador começa examinando o mundo social e nesse processo desenvolve uma teoria coerente com os dados, de acordo com aquilo que observa” (SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO 2013, p. 33). De acordo com esses autores, as pesquisas qualitativas se concentram em explorar fenômenos em ambientes naturais, onde dados geram significados, mas não estão fundamentados na análise estatística. O processo é indutivo, não possui uma sequência rígida e linear e pode analisar múltiplas realidades, além de conseguir abranger maior extensão de pesquisa com riqueza interpretativa, conduzindo à profundidade de significados (SAMPIERI, 2013). Essas características se alinham aos objetivos dessa tese, que

pretende explorar o fenômeno mundial e atual dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).

Além disso, Marconi e Lakatos (2013, p. 27) salientam que, “quando se deseja colher informações sobre um ou mais aspectos de um grupo grande e numeroso”, surge “[...] a necessidade de investigar apenas uma parte desta população ou universo,” que se define na amostra de uma população. A amostra dessa pesquisa segue os padrões da intencionalidade, quando conforme Gil (2002, p.145), “os indivíduos são selecionados com base em certas características tidas como relevantes pelos pesquisadores e participantes”. A finalidade da amostra intencional objetiva um estudo mais rico em conteúdos qualitativos. Nesse estudo, a amostra intencional é constituída pelos países que formam o agrupamento do BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, nos quais pretende-se aprofundar os estudos sobre os REEE.

Os objetivos dessa pesquisa classificam o estudo em exploratório-descritivo combinados, pois tem o propósito de identificar e descrever completamente um fenômeno (MARCONI; LAKATOS, 2013). Os estudos exploratórios são empregados quando o objeto da pesquisa não possui muitos estudos e os descritivos são utilizados para caracterizar em detalhes os fenômenos da análise (SAMPIERI, 2013). Essa pesquisa inicia com o propósito de explorar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS, bem como identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Na sequência, a pesquisa tem o objetivo de estruturar e validar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS.

As classificações da pesquisa auxiliam o pesquisador a selecionar a estratégia ou método de pesquisa e os procedimentos técnicos mais apropriados ao estudo em questão (GIL, 2002). O método de pesquisa selecionado para essa pesquisa é o estudo de caso. “O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes.” (YIN, 2015, p. 17).

O estudo de caso é indicado ao pesquisador que pretende analisar um fato contemporâneo e com grande número de variáveis. Para tal, a pesquisa pode aplicar diversas técnicas de coleta de dados como a observação, entrevistas, pesquisa documental, pesquisa bibliográfica entre outros artefatos. Com esta multiplicidade de

variáveis e técnicas, o estudo de caso permite trabalhar com mais de um centro de análise e de resultantes. Porém, o método deve ser empregado em acordo com protocolos de pesquisa de estudo de caso, mantendo o devido rigor científico, que lhe assegure a devida qualidade. Yin (2015) defende a prática de quatro testes de validade: (i) do constructo: aplicado para identificar se a pesquisa utiliza múltiplas fontes de dados e estabelece a conexão entre elas; (ii) interna: verifica se usa modelos lógicos, combina padrões, constrói explicações e avalia se há explicações paralelas; (iii) externa: examina se faz a revisão teórica nos casos únicos e se emprega à lógica da replicação no estudo de caso múltiplos; (iv) confiabilidade: confere se utiliza o protocolo de estudo de caso e se constrói uma base de dados do estudo.

Um projeto de pesquisa pode conter um único estudo de caso, como também pode trabalhar com estudos de casos múltiplos, nos quais cada caso é analisado individualmente, ou representam uma fração de um projeto maior, com síntese cruzada dos casos (*cross case*) ao final dos estudos. Yin (2015, p. 66-67) ressalta que os estudos de casos múltiplos devem "[...] seguir uma lógica de replicação, não uma lógica de amostragem [...]. Os casos devem servir de maneira similar aos experimentos múltiplos, com resultados similares ou resultados contrastantes [...]." A síntese cruzada dos casos efetua a análise conjunta dos casos individuais, apresentando as descobertas da pesquisa, que podem ser equivalentes ou não.

Desse modo, sob uma perspectiva realista, esse estudo de caso (BRICS) é composto de estudos de casos múltiplos (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), no qual cada caso é examinado em uma realidade individual e ao final são analisados de forma cruzada (*cross case*), onde se apresenta um conjunto único de conclusões. Os resultados de cada caso podem ser similares ou contrastantes, mas seguem a mesma lógica de replicação do método.

A coleta de dados nos estudos de caso podem vir de várias fontes, primárias ou secundárias. Yin (2015) destaca seis fontes de evidências para a coleta de dados: documentos, registros, entrevistas semiestruturadas, observação participante, observação não participante e artefatos físicos. Entretanto, o autor esclarece que o processo de pesquisa no estudo de casos múltiplos requer do pesquisador uma versatilidade metodológica, que pode oportunizar o uso de outras fontes de evidência primárias e secundárias, que garantam à pesquisa a qualidade necessária dos dados coletados. Para essa pesquisa de tese é utilizado dados primários e secundários e empregado a técnica da pesquisa documental, da entrevista semiestruturada e da

pesquisa bibliográfica, visto que há grande número de produções cientificas já publicadas sobre frações desse projeto.

A pesquisa documental é efetuada em documentos escritos ou não, de fontes primárias ou secundárias, de caráter contemporâneo ou retrospectivo sobre os temas objetos do estudo (MARCONI; LAKATOS, 2013). Além disso, Yin (2015), distingue a coleta de dados em documentos e em registros, no qual a informação documental é extraída, por exemplo, de documentos administrativos, estudos formais, recortes de notícias e artigos; enquanto os registros em arquivo advêm de arquivos de uso público, como dados do censo, registro organizacionais, mapas, gráficos e outros levantamentos produzidos. Os documentos e registros auxiliam o pesquisador a corrigir evidências de outras fontes, proporcionam outras informações relevantes e consolidam evidências coletadas de outras formas.

A pesquisa bibliográfica “abrange [...] a bibliografia já tornada pública em relação ao tema do estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc., até meios de comunicação orais.” (MARCONI; LAKATOS, 2013, p. 57-68). Em suma, a pesquisa bibliográfica se concentra em periódicos, livros e impressos diversos, sendo geralmente empregada por pesquisas exploratórias, ou como parte de uma pesquisa que tem entre outros objetivos exploratórios (GIL, 2002).

As entrevistas em pesquisas qualitativas têm o caráter mais aberto e flexível e tem o propósito de obter respostas e construir significados relacionados ao tema em questão. Dentre os tipos de entrevista, “[...] as entrevistas semiestruturadas se baseiam em um roteiro de assuntos ou perguntas e o entrevistador tem a liberdade de fazer outras perguntas para precisar conceitos ou obter mais informações sobre os temas desejados” (SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO 2013, p. 425-427). As entrevistas em estudos de caso servem para apreciar dados coletados na pesquisa bibliográfica e documental, bem como esclarecem pontos duvidosos, abrem caminho para outras linhas de pensamento e permite o aprofundamento dos temas. Yin (2015) classifica as entrevistas de estudo de casos em três tipos: (i) entrevistas prolongadas, com perguntas mais abertas e podem ocorrer em mais de um encontro; (ii) entrevistas curtas, que servem para apreciar evidências e requer que o pesquisador siga um roteiro de perguntas e temas mais estruturados; (iii) entrevistas de levantamento, que segue um roteiro estruturado, mais rígido.

Nesse sentido, essa pesquisa utiliza a coleta de dados por pesquisa documental e pesquisa bibliográfica com maior ênfase na fase voltada ao objetivo específico de descrever as composições legais e institucionais da gestão do REEE nos países do BRICS e na do objetivo específico de identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Observa-se que essa tese se alinha aos quatro princípios da coleta de dados para estudos de caso: (i) usar múltiplas fontes de evidência, (ii) criar uma base de dados do estudo de caso, (iii) manter o encadeamento de evidências, (iv) ter o cuidado no uso de dados de fontes eletrônica.

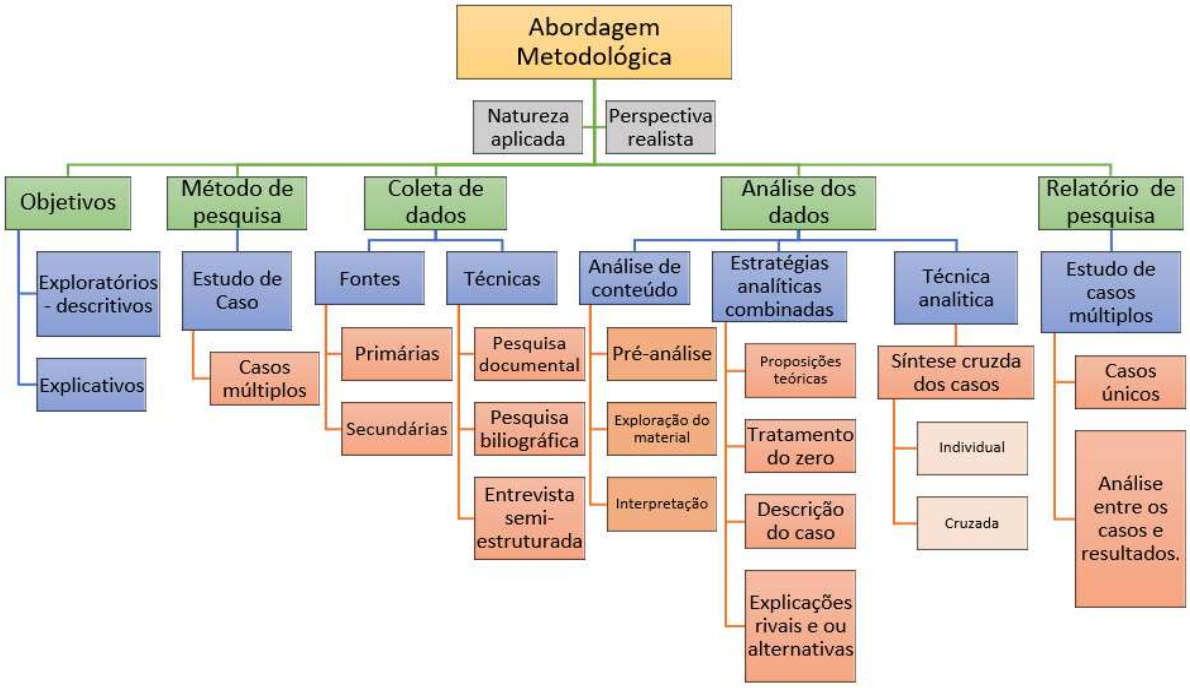
O princípio de utilizar múltiplas fontes de evidência permite ao pesquisador realizar a triangulação dos dados entre diferentes fontes, avaliadores, teorias e métodos e contribui para a validade do constructo do estudo de caso. A organização da base de dados da pesquisa refere-se ao segundo princípio, no qual são separados os dados comprovados pelas entrevistas. O princípio do encadeamento das evidências atribui confiabilidade ao estudo de caso, onde todos os passos seguidos pela pesquisa são detalhados, permitindo verificar o rigor científico do método. O quarto princípio refere-se ao uso de dados de fontes eletrônicas. Em virtude da grande gama de fontes eletrônicas, se faz necessário tomar certos cuidados ao usá-los como não perder o foco de sua pesquisa, verificar a credibilidade dos sites e dos conteúdos pesquisados e; se for usar material de mídias sociais confirmar a permissão de divulgação, bem como sua veracidade. Os princípios aplicados à coleta de dados pretendem conferir a validade do constructo e a confiabilidade ao estudo de caso como pesquisa científica (YIN, 2015), além de formar uma base de dados consistente para a análise dos dados.

A definição dos objetivos da pesquisa e suas prioridades precedem o início da análise de dados em um estudo de caso. Saber o que analisar nas evidências e por que é essencial para uma análise objetiva e criteriosa. “A análise dos dados consiste no exame, na categorização, na tabulação, no teste ou nas evidências recombinadas de outra forma, para produzir descobertas baseadas no empirismo” (YIN, 2015, p. 136). “Uma vez manipulados os dados e obtidos os resultados, o passo seguinte é a análise e interpretação dos mesmos, constituindo-se ambas no núcleo central da pesquisa” (MARCONI; LAKATOS, 2013, p. 167). De acordo com esses autores, analisar e interpretar constituem atividades diferenciadas. Analisar é expor as relações entre o fenômeno e outros fatores, enquanto interpretar busca dar significado as respostas com base nos conhecimentos adquiridos.

Para a análise dos dados dessa tese é adotado a sistematização da análise de conteúdo de Bardin (2008) e as estratégias e técnicas analíticas propostas por Yin (2015) para os estudos de caso. Nessas, as estratégias analíticas podem iniciar com a observação de padrões, intuições (*insights*) e conceitos promissores relacionadas aos objetivos específicos da pesquisa. A seguir, se utiliza das proposições teóricas selecionadas para organizar a análise dos dados, porém neste processo podem surgir novos padrões, que exijam o tratamento do zero destes dados. Em paralelo, se realiza o desenvolvimento da descrição de cada caso, individualmente e em sintonia com as prioridades da pesquisa, examinando explicações rivais e ou alternativas. Como os processos, a definição dos papéis e a própria gestão dos REEE está em construção na maioria dos países do BRICS, opta-se por considerar a combinação das quatro estratégias analíticas nesses estudos de casos. A síntese cruzada de casos é a técnica analítica aplicada para a análise das evidências dos estudos de casos múltiplos dessa pesquisa, no qual são analisados primeiro os casos de forma individual, ou seja, o caso do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul e; posteriormente são totalizadas as descobertas dos casos, que podem replicar ou contrastar resultados. O autor atribui quatro princípios a serem aplicados para uma análise de alta qualidade: (i) expor que todas as evidências foram consideradas, (ii) considerar as interpretações rivais, (iii) demonstrar que o objetivo principal da pesquisa foi mantido e; (iv) empregar os conhecimentos adquiridos pelo pesquisador.

O relatório dos estudos de casos consiste em apresentar os resultados das análises e interpretações, apontando as descobertas da pesquisa. O formato do relatório segue uma das quatro categorias propostas por Yin (2015), que é do estudo de casos múltiplos. O relatório é composto pelos casos únicos separados em seções e é adicionado uma seção ao final, que apresentará as análises e interpretações entre os casos. Essa última seção compõe o corpo dos resultados que se relacionam ao objetivo de estruturar aspectos teóricos fundamentais a resultantes positivas na gestão do REEE no âmbito dos países do BRICS. Sintetizando, a abordagem metodológica aplicada à pesquisa dessa tese está apresentada na Figura 28 – Abordagem metodológica.

Figura 28 – Abordagem metodológica



Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se que a pesquisa tem a abordagem qualitativa de natureza aplicada, emprega as técnicas de pesquisa bibliográfica, documental e entrevistas semiestruturadas no método de estudo de casos múltiplos, cuja técnica analítica é a síntese cruzada de casos baseada na análise de conteúdo. Essa abordagem metodológica fundamenta os procedimentos da pesquisa, que por sua vez compõe o protocolo da pesquisa.

3.3 Procedimentos de pesquisa

O protocolo de pesquisa utilizado nessa tese é o proposto por Yin (2015) para estudos de casos. Segundo esse autor o protocolo contém os instrumentos e os procedimentos de pesquisa, bem como as regras na aplicação do protocolo. “O protocolo é uma maneira importante de aumentar a confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e se destina a orientar o pesquisador na realização da coleta de dados de um caso único (mesmo se o caso único for um de vários em um estudo de casos múltiplos)” (YIN, 2015, p. 88). De acordo com esse autor, o protocolo de estudo de caso é composto por quatro seções principais: (i) visão geral do estudo de caso e finalidade do protocolo, (ii) procedimentos de coleta de dados, (iii) questões da coleta de dados do estudo de caso, (iv) guia para o relatório de estudo de caso.

A visão geral do estudo de caso e a finalidade do protocolo devem informar os objetivos do estudo e o ambiente selecionado para a pesquisa. Os procedimentos de coleta de dados incluem os instrumentos de coleta, os procedimentos operacionais para a identificação e comunicação com os contatos selecionados, preparação para a coleta de dados, para a proteção dos participantes, e demais considerações de logística e segurança a serem aplicados na coleta de evidências dos casos. As questões do protocolo constituem a estrutura da coleta de dados da pesquisa e tem por objetivo manter o foco do pesquisador durante a coleta das evidências do estudo de caso. As questões devem trazer a informação que o pesquisador necessita para suas análises e devem informar as possíveis fontes de evidência. O guia para o relatório de estudo de caso consiste no esboço para a apresentação da pesquisa, dos dados e análises. A pesquisa, mesmo sendo composta por estudos de casos múltiplos deve seguir a padronização das demais pesquisas científicas, ou seja, a apresentação e descrição do projeto de pesquisa, a metodologia aplicada, a exposição dos dados coletados, a análise dos dados, a discussão dos achados da pesquisa e as conclusões (YIN, 2015). Esse autor, especifica que ao final da apresentação da análise dos dados dos estudos de casos únicos é apresentado a síntese cruzada dos casos múltiplos.

O Quadro 24 - Protocolo para estudo de casos múltiplos: gestão de REEE nos países do BRICS apresenta o protocolo de pesquisa aplicado nessa tese de doutorado. Esse protocolo segue as orientações de Yin (2015) para estudos de casos e expõem os instrumentos e procedimentos empregados na pesquisa com o objetivo de apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS.

Quadro 24 - Protocolo para estudo de casos múltiplos: gestão de REEE nos países do BRICS

(i) Visão geral do estudo de caso e finalidade do protocolo	
Objetivo central	Apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS.
Objetivos específicos	Descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE nos países do BRICS. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS.

	Apreciar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS.
Questão da pesquisa	Quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS?
Ambiente dos Casos	Países do BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.
(ii) Procedimentos de coleta de dados	
Fontes	Primárias e secundárias.
Técnicas	Pesquisa documental, bibliográfica e entrevista semiestruturada *online*.
Procedimentos pesquisa bibliográfica	Revisão sistemática do tema Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nas bases Web of Science e Scopus relacionados aos estudos de casos Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.
Procedimentos pesquisa documental	Varredura dos meios eletrônicos em busca de correspondência eletrônica sobre legislação, regulamentação, propostas de trabalho, relatórios, estudos formais e avaliações, recortes de notícias e outros documentos que estejam relacionados à gestão de REEE no ambiente dos estudos de casos Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.
Procedimentos entrevista semiestruturada *online*	Estruturar uma matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS com base nos estudos de casos Brasil, China, Índia, África do Sul e Rússia. Formatar a entrevista semiestruturada (Apêndice B) a partir da matriz de relevância. Submeter o projeto de pesquisa à aprovação pelo Comitê de Ética da UTFPR. Mapear uma base de amostra intencional de nove especialistas técnicos e científicos relacionados às atividades de gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS, sendo cinco no Brasil, um na China, um na Índia, um na África do Sul e um na Rússia. Aplicar a técnica de *snowball* (bola de neve) para ampliar a amostra intencional de especialistas. Recrutar os especialistas após aprovação do Comitê de Ética via carta convite (Apêndice D) enviado ao *e-mail* de contato, apresentando o tema e objetivos da tese e da entrevista.
	Aplicar o instrumento de coleta de dados, enviando o link da entrevista via e-mail, formatado no *google forms.* Organizar e guardar os dados coletados com o auxílio das ferramentas do *google forms* e de planilhas de Excel. Analisar os dados coletados empregando a mediana das pontuações. Traçar conclusões no relatório final dos casos, utilizando a análise de conteúdo. Divulgar os resultados aos participantes da pesquisa após a publicação da tese no repositório da UTFPR.
Cronograma	Estabelecer programação de atividades claras e sequenciais para a coleta de evidências por etapa e por estudo de caso único.
(iii) Questões da coleta de dados	

Atores considerados para a base das questões e como fonte de evidências.	Agentes de governo, de mercado e da sociedade envolvidos na gestão dos REEE nos países do BRICS.
Questão tema relacionada ao objetivo específico 1	Quais são as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS?
Questão tema relacionada ao objetivo específico 2	Qual a função dos diferentes atores nos processos inerentes aos REEE?
Questão tema relacionada ao objetivo específico 3	Quais são os aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS?
Questão tema relacionada ao objetivo específico 4	Quais são as proposições teóricas importantes aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS?
(iv) Guia para o relatório de estudo de caso	
Público-alvo	Pesquisadores da academia, formuladores de políticas públicas, empresas relacionadas a REEE, sociedade civil e membros do terceiro setor.
Estrutura para a apresentação dos relatórios dos estudos de casos múltiplos	Introdução, referencial teórico, metodologia, apresentação e análise dos dados dos casos únicos, análise cruzada dos dados dos casos únicos, discussão dos achados e conclusões da pesquisa.
Estrutura da apresentação dos estudos de casos únicos: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.	Introdução ao tema gestão dos REEE no ambiente de cada país. Apresentação dos dados coletados relacionados a descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país. Apresentação dos dados coletados relacionados a identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE de uso doméstico no país. Apresentação de *case* de uma metrópole de relevância na gestão dos REEE do estudo de caso único. Apresentação de limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país. Apresentação da análise dos dados com vistas a estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos pais do BRICS.
Estrutura da síntese cruzada dos casos múltiplos Discussão dos resultados da pesquisa	Apresentação das análises de cruzamento dos resultados dos estudos de casos únicos, empregando a análise de conteúdo e seguindo a sequência dos temas dos casos únicos, ou seja, composições legais e institucionais, função dos diferentes atores e aspectos teóricos fundamentais a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS. Apresentação da análise dos dados coletados por meio de entrevista semiestruturada *online*, validando os aspectos importantes à gestão dos REEE nos países do BRICS. Apresentação do *framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS
Estrutura das conclusões da pesquisa	Apresentação das conclusões ao atendimento dos objetivos específicos da pesquisa, contribuições científicas, limitações da abordagem e recomendações de estudos futuros.

Fonte: Autoria própria (2023), adaptado de Yin (2015)

Verifica-se pelo protocolo que ao se constituir os objetivos da pesquisa e elegidos o ambiente foco do estudo foram selecionadas três fontes de evidência: (i) bibliográfica, (ii) documental e; (iii) entrevista semiestruturada. Optou-se pela entrevista via *online* em função das restrições impostas pela pandemia Covid-19 e pela facilidade de alcance a especialistas de outras cidades do Brasil, bem como dos demais países do BRICS.

Yin (2015) ressalta a importância de obter os dados de várias fontes de evidência com especial atenção às entrevistas, a fim de confirmar as análises e conclusões obtidas. “Mesmo que a coleta de dados tenha contado pesadamente com informações provenientes de entrevistas individuais, suas conclusões não podem ser baseadas inteiramente nas entrevistas como fonte de informação [...]”, pois a pesquisa se tornaria um “[...] levantamento com respostas livres em vez de um estudo de caso” (YIN, 2015, p. 96). Nessa linha, essa pesquisa realizou a triangulação dos dados das três fontes de evidência citadas para o desenvolvimento da tese.

A pesquisa bibliográfica e documental conforme disposto no protocolo (Quadro 26) forneceu os dados para a composição dos estudos de casos individuais e para a construção da matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS disposta no Quadro 67. No total foram utilizadas 501 referências bibliográficas e documentais no desenvolvimento da tese. Essa matriz de relevância foi estruturada a partir da fundamentação teórica disposta na seção 2 dessa tese, esquematizados no Quadro 19 – Temas centrais: questões, lacunas e base de estudos futuros e no Quadro 21 – Estrutura da revisão sistemática: temas centrais e subtemas.

A matriz foi composta tendo como: (i) categoria: tema da tese: políticas de gestão dos REEE nos países dos BRICS; (ii) categorias de análise: dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social e institucional; (iii) unidade de análise: alinhamento conceitual para o *framework*; (iv) unidade de contexto: o que ou porque vai ser analisado; (v) Instrumento de coleta dados: forma de coleta de dados: revisão sistemática e matriz de relevância; (vi) questionário: item a ser avaliado pelo especialista e; (vii) escala de pontuação: linear entre 1 e 10: itens a serem avaliados.

As unidades de análise e os itens avaliados pelos especialistas nas entrevistas foram atualizados e complementados ao findar do desenvolvimento de cada estudo de caso individualizado. Assim, a matriz de relevância foi estruturada em novembro e dezembro de 2020 com a fundamentação teórica e atualizada em 07 de

agosto 2021 com o caso Brasil, em 04 de outubro 2021 com o caso China, em 16 de dezembro 2021 com o caso Índia e em 15 de março de 2022 com o caso da Rússia. Nota-se, portanto, que as informações que compõem a matriz de relevância foram sendo completadas, corrigidas e atualizadas à medida que foi-se evoluindo nos estudos de casos individuais, tendo seus ajustes finais na análise cruzada dos casos entre agosto de 2021 e maio de 2022.

Essa matriz de relevância (Quadro 67) deu origem ao Quadro 68 - BRICS: matriz síntese de aspectos importantes à gestão dos REEE, que formaram o escopo da entrevista semiestruturada *online* conforme disposto de forma específica na seção 4.6.4 dessa tese. Os tópicos pontuados na entrevista semiestruturada (Apêndice B) seguem os aspectos destacados na revisão sistemática como importantes à gestão dos REEE de cada país dos BRICS, compilados na matriz de relevância organizada de igual forma nas quatro dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social e institucional conforme Quadro 67.

Os tópicos (itens avaliados) da entrevista permitiam a pontuação linear entre um e no máximo 10, onde um foi considerado pouco importante e 10 muito importante à gestão dos REEE. Ao término dos tópicos de cada dimensão, bem como na conclusão de todas as dimensões, havia um campo de livre escrita destinado aos comentários do especialista entrevistado. Esses comentários contribuíram na análise dos dados das entrevistas e nas conclusões da tese.

Salienta-se que não havia a obrigação de responder a todas as questões e comentários da entrevista, tendo o especialista total liberdade de responder os tópicos que desejasse. Caso o participante sentisse algum constrangimento poderia efetuar a interrupção imediata de sua participação sem nenhum prejuízo ou incômodo a este.

Além disso, dado as limitações dos pesquisadores no uso de ambiente virtual para a realização das pesquisas, foi destacado aos participantes seu total anonimato na apresentação dos resultados e que os dados coletados pelas pesquisas foram transferidos para dispositivo eletrônico local e apagados após a publicação dos resultados no repositório da UTFPR. O roteiro da entrevista semiestruturada e o projeto da pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR e aprovado em 14 de outubro de 2022 sob Parecer Nº 5.701.293.

A aplicação das entrevistas semiestruturadas *online* com especialistas técnicos e científicos de formação multidisciplinar atuantes em atividades relacionadas à gestão dos REEE nos BRICS teve o propósito de apreciar os aspectos pontuados

como importantes à gestão dos REEE nesses países. Em adição, objetivou-se estabelecer uma escala de importância entre os tópicos abordados.

A metodologia empregada na entrevista semiestruturada utilizou as três etapas propostas pelo Método Delphi: (i) mapeamento dos especialistas; (ii) aplicação do instrumento de coleta de dados; (iii) utilização de ferramentas para organizar e tratar os dados (SOUZA *et al*., 2016). Esses autores observam que a definição do número de especialistas irá variar de acordo com a temática e os recursos disponíveis.

Nessa pesquisa, o tamanho da amostra foi estabelecido de modo intencional e formado a partir da seguinte base: cinco especialistas do Brasil, um da Rússia, um da Índia, um da China e um da África do Sul, oriundos da rede de contatos da pesquisadora e do professor orientador da tese e que apresentaram trabalhos técnicos e científicos relacionados às atividades de gestão dos REEE, desenvolvidos em organizações governamentais e não governamentais e de mercado.

A partir dessa base, a seleção dos entrevistados seguiu a técnica de *snowball* (bola de neve), no qual um entrevistado indica outro possível entrevistado. Dessa forma e de acordo com o Comitê de Ética pela Carta Circular Nº 110 – SEI/2017 não é possível determinar o tamanho exato da amostra a ser pesquisada e sim a metodologia a ser empregada.

O recrutamento dos especialistas foi realizado entre 15 de outubro e 15 de novembro de 2022 por meio de carta convite (Apêndice E) enviada ao e-mail de contato do especialista, apresentando o tema e objetivos da tese e da entrevista.

Após o aceite do especialista foi enviado o link da entrevista via *e-mail*, formatado no *google forms* em uma versão em português destinados aos especialistas brasileiros e outra versão em inglês destinados aos especialistas da China, Índia, África do Sul e Rússia. O acesso às perguntas da entrevista foi precedido da concordância ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C). Não houve entrevistas presenciais.

A participação dos entrevistados na pesquisa seguiu os preceitos dos estudos transversais, que analisam os dados em um determinado tempo e cenário. No total foram realizadas 16 entrevistas semiestruturadas *online* com especialistas técnicos e científicos relacionados à gestão dos REEE conforme demonstrado no Quadro 25 – BRICS: especialistas técnicos e científicos entrevistados, no qual a cada respondente foi atribuído uma letra alfabética de A à Q, a fim de garantir a confidencialidade dos dados dos participantes.

Quadro 25 - BRICS: especialistas técnicos e científicos entrevistados

Total de entrevistas	Respondente	Especialidade: gestão dos REEE
Brasil		
Total: 7	A	científica
	B	técnica e científica
	C	técnica e científica
	D	técnica e científica
	E	técnica e científica
	F	científica
	G	técnica e científica
Rússia		
Total: 3	H	técnica e científica
	I	científica
	J	técnica e científica
Índia		
Total: 3	L	científica
	M	técnica e científica
	N	técnica e científica
China		
Total: 1	O	técnica e científica
África do Sul		
Total: 2	P	técnica e científica
	Q	técnica e científica
Total de entrevistas BRICS: 16		

Fonte: Autoria própria (2023)

A especialidade técnica ou científica ou em ambas foi atribuída ao respondente de acordo com o currículo do mesmo e pelo conhecimento da pesquisadora sobre a experiência do entrevistado. Foi considerado especialista científico o respondente que atua na área acadêmica em pesquisas relacionadas à gestão dos REEE, enquanto especialistas técnicos e científicos atuam em pesquisas acadêmicas e em atividades práticas à gestão dos REEE em seus países. Dessa forma, verifica-se que foram entrevistados 12 especialistas técnicos e científicos e quatro especialistas científicos.

Os dados coletados nas entrevistas foram organizados e tratados com o auxílio das ferramentas do *google forms* e de planilhas de Excel, transferindo-os para dispositivo eletrônico local a serem excluídos após a publicação da tese de doutorado no repositório da UTFPR.

Na sequência os dados das entrevistas foram analisados e apresentados na seção 4.6.4 dessa tese, conforme as técnicas de análise de conteúdo dedutivas de Bardin (2008), que permitiram traçar conclusões em conjunto com a síntese cruzada dos casos de Yin (2015). A análise dos dados permitiu verificar o grau de importância

dos aspectos pontuados dentro de cada dimensão da sustentabilidade, bem como sua relevância na visão geral, além de avaliar o destaque de cada dimensão na gestão dos REEE nos BRICS.

Observa-se que a divulgação dos resultados da pesquisa aos participantes das entrevistas se dará pela publicação da tese de doutorado no repositório da UTFPR. Contudo, ao final do formulário da entrevista *online* o participante pode indicar uma forma de contato para receber o *link* da publicação.

Conforme Yin (2015) a definição do protocolo de pesquisa orienta o pesquisador a estabelecer as fases a serem trilhadas para o desenvolvimento e a conclusão da pesquisa com maior rigor científico e, portanto, com maior confiabilidade. As etapas e atividades inerentes a cada fase constituem o arcabouço da pesquisa.

O Quadro 26 - Fases e estrutura da pesquisa apresenta esse sequenciamento das fases para o desenvolvimento e conclusão da tese, alinhados ao alcance dos objetivos específicos e objetivo central do estudo.

Quadro 26 – Fases e estrutura da pesquisa

Fase – Capítulo	**Objetivo**	**Atividades**	**Coleta de dados**	**Análise dos dados**
Fase 1: Introdução – Capítulo 1	Apresentar o projeto de pesquisa	Descrever o tema, a delimitação da pesquisa, o problema e premissas, os objetivos, as justificativas, relevância e ineditismo, o embasamento teórico, a metodologia e a estrutura do trabalho.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental.	Análise descritiva.
Fase 2: Fundamentação teórica – Capítulo 2	Desenvolver a fundamentação teórica da tese.	Compor o referencial teórico acerca da territorialidade e sustentabilidade das cidades, de cidades inteligentes e sustentáveis, criativas e inovadoras, inclusivas e igualitárias e; resilientes. Formar o referencial teórico sobre a economia circular e políticas públicas e Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) Apresentar panorama sobre os países do BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental.	Revisão sistemática da literatura apoiado no processo *Proknow-C*, do método multicritério, do protocolo Prisma e da análise de conteúdo.
Fase 3: Metodologia – Capítulo 3.	Expor os procedimentos metodológicos selecionados para a realização da pesquisa.	Descrever o processo de revisão sistemática da literatura, a abordagem metodológica e os procedimentos de pesquisa (protocolo de pesquisa).	Pesquisa bibliográfica.	Análise descritiva.
Fase 4: Estudo de caso Brasil – Capítulo 4	Apresentar e analisar os dados do estudo de caso Brasil.	Compor introdução do país ao tema gestão dos REEE. Identificar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Selecionar e descrever *case* de metrópole relevante à gestão dos REEE no país. Descrever e analisar limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no país.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental.	Estratégia analítica combinada de proposições teóricas, tratamento do zero, descrição do caso e explicações rivais ou alternativas. Técnica analítica individual. Análise de conteúdo.
Fase 5: Estudo de caso China – Capítulo 4	Apresentar e analisar os dados do estudo de caso China.	Compor introdução do país ao tema gestão dos REEE. Identificar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país.	Pesquisa bibliográfica.	Estratégia analítica combinada de proposições teóricas,

		Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Selecionar e descrever *case* de metrópole relevante à gestão dos REEE no país. Descrever e analisar limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no país.	Pesquisa documental.	tratamento do zero, descrição do caso e explicações rivais ou alternativas. Técnica analítica individual. Análise de conteúdo.
Fase 6: Estudo de caso Índia – Capítulo 4	Apresentar e analisar os dados do estudo de caso Índia.	Compor introdução do país ao tema gestão dos REEE. Identificar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Selecionar e descrever *case* de metrópole relevante à gestão dos REEE no país. Descrever e analisar limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no país.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental.	Estratégia analítica combinada de proposições teóricas, tratamento do zero, descrição do caso e explicações rivais ou alternativas. Técnica analítica individual. Análise de conteúdo.
Fase 7: Estudo de caso África do Sul – Capítulo 4	Apresentar e analisar os dados do estudo de caso África do Sul.	Compor introdução do país ao tema gestão dos REEE. Identificar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Selecionar e descrever *case* de metrópole relevante à gestão dos REEE no país. Descrever e analisar limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no país.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental.	Estratégia analítica combinada de proposições teóricas, tratamento do zero, descrição do caso e explicações rivais ou alternativas. Técnica analítica individual. Análise de conteúdo.

Fase 8: Estudo de caso Rússia – Capítulo 4	Apresentar e analisar os dados do estudo de caso Rússia.	Compor introdução do país ao tema gestão dos REEE. Identificar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país. Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE. Selecionar e descrever *case* de metrópole relevante à gestão dos REEE no país. Descrever e analisar limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país. Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no país.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental.	Estratégia analítica combinada de proposições teóricas, tratamento do zero, descrição do caso e explicações rivais ou alternativas. Técnica analítica individual. Análise de conteúdo.
Fase 9: Síntese cruzada dos casos múltiplos – Capítulo 4.	Apresentar e analisar os dados da síntese cruzada dos casos múltiplos, relatando os fatos que se replicam e se contrastam entre os estudos de casos	Compor introdução dos países ao tema gestão dos REEE. Sintetizar e analisar as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 1). Sintetizar e analisar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE no âmbito dos países do BRICS (Objetivo específico 2). Estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS (Objetivo específico 3). Apreciar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 4), organizando e apresentando um *framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental. Entrevistas semiestruturadas *online.*	Técnica analítica cruzada. Análise de conteúdo.
Fase 10: Considerações Finais – Capítulo 5	Expor as considerações finais à tese.	Apresentar as considerações finais da pesquisa, suas limitações e proposições para linhas de estudo futuro.	Pesquisa bibliográfica. Pesquisa documental. Entrevistas semiestruturadas *online.*	Técnica analítica cruzada.

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se que a primeira fase da pesquisa se iniciou com a apresentação da tese em seu Capítulo 1. Na sequência, na segunda e terceira fase do estudo foram compostas a fundamentação teórica e a estruturação da metodologia com a abordagem metodológica e o protocolo de pesquisa, que embasaram os estudos de casos individuais e análise cruzada dos casos. Observa-se que para o desenvolvimento dessas três primeiras fases foram utilizadas 287 referências bibliográficas e documentais.

Na quarta fase foi realizado o estudo de caso Brasil que teve a função de aprimorar os planos de coleta e análise dos dados, auxiliar o desenvolvimento de linhas relevantes sobre as questões da pesquisa, bem como o esclarecimento de conceitos aplicáveis na pesquisa. A seleção primeira do caso Brasil entre os países do BRICS seguiu os critérios de acesso facilitado a fontes de evidências e proximidade geográfica, conforme orientação de Yin (2015). O escopo da pesquisa do caso Brasil observou além dos objetivos específicos, a efetividade dos aspectos metodológicos adotados para os estudos de caso, que foram validados e replicados nos estudos de casos individuais seguintes.

A estrutura do desenvolvimento dos estudos de casos individuais se alinhou ao atendimento dos objetivos específicos um, dois e três da tese. Entretanto, observa-se que ao identificar os atores envolvidos (objetivo 2), optou-se por apresentar um *case* de gestão de REEE em uma metrópole do país, dado sua relevância na cadeia de valor dos REEE. A seleção dos *cases* das metrópoles dos países do BRICS também seguiram a triagem proposta por Yin (2015), cuja seleção leva em consideração a maior quantidade de fontes de evidências disponíveis e que estejam mais alinhados ao tema da pesquisa. Assim, através da pesquisa documental e bibliográfica foram selecionados um *case* de cada país do BRICS, em que se conseguiu extrair dados de várias fontes e que contribuíram com os objetivos dessa pesquisa. Em adição, para estruturar os aspectos importantes à gestão dos REEE (objetivo 3) do país descreveu-se previamente as limitações impostas e analisou-se proposições de melhoria.

Assim sendo, a quarta, quinta, sexta, sétima e oitava fase seguiram a seguinte conformação: (i) compor introdução do país ao tema gestão dos REEE; (ii) identificar e descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE no país; (iii) identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE; (iv) selecionar e descrever *case* de metrópole relevante à gestão dos REEE no país; (v) descrever e

analisar limitações e proposições de melhoria à gestão dos REEE no país e; (vi) estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no país.

A ordem *dos* demais estudos de caso dos países do BRICS desenvolvidos na quinta, sexta, sétima e oitava fase da pesquisa seguiu o mesmo critério de acesso facilitado a fontes de evidência como a pesquisa bibliográfica. Em análise bibliométrica efetuada em 20 de janeiro de 2021 na base Web of Science, a China apontou em primeiro lugar com 1265 publicações sobre o tema REEE, a Índia em segundo lugar com 372 publicações, a África do Sul com 47 publicações e a Rússia com duas publicações. Na base Scopus, na mesma data, a China também se situou em primeiro lugar com 1288 publicações e a Índia em segundo lugar com 613 publicações. A África do Sul continha 64 publicações e a Rússia possui 14 publicações.

Observa-se que para o desenvolvimento do estudo de caso Brasil foram utilizadas 49 referências bibliográficas e documentais, enquanto na China foram 41, na Índia 46, na África do Sul 72 e na Rússia 46, totalizando 254 referências.

A síntese cruzada dos casos compôs a nona fase da pesquisa e foi apresentada na seção 4.6 dessa tese. Segundo Yin (2015), a síntese cruzada pode ser aplicada quando os estudos de casos são desenvolvidos de forma independente ou como parte de um projeto maior e tem o propósito de totalizar as descobertas dos estudos de casos únicos. As conclusões da síntese cruzada tanto podem replicar resultados quanto podem contrastar resultados.

A composição da análise cruzada dos casos se alinhou de igual forma aos objetivos específicos um, dois e três da tese, que nessa fase se somaram ao objetivo específico quatro. Dessa forma, a síntese cruzada dos estudos de casos individuais organizada na seção 4.6 primeiramente sintetizou e analisou as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS relacionadas ao objetivo específico um. Para tal, a análise dos conteúdos para a síntese cruzada da descrição das composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 1) se concentrou em quatro categorias de análise: legislações nacionais, estruturas oficiais, legislação relacionada aos trabalhadores informais e instrumentos de gestão.

O Quadro 27 - Categorias de análise das composições legais e institucionais para a gestão dos REEE nos países do BRICS apresenta a escala dos critérios definidos para a análise das categorias.

Quadro 27 - Categorias de análise das composições legais e institucionais para a gestão dos REEE nos países do BRICS

Categorias de análise/ Escala	0	1	3	5
Legislações nacionais relacionadas à gestão dos REEE	Não possui	Possui leis para a gestão dos resíduos perigosos que incluem determinados REEE.	Possui leis para a gestão dos resíduos sólidos que destacam os REEE.	Possui leis específicas à gestão dos REEE.
Estruturas oficiais para a gestão de REEE	Não possui	Possui um órgão de primeiro escalão responsável pela gestão dos REEE.	Agrega mais de um órgão de primeiro escalão na gestão dos REEE.	Integra as estruturas oficiais na estratégia nacional de promoção da economia circular.
Legislação relacionada aos trabalhadores informais da cadeia de valor dos REEE	Não possui	Possui leis que reconhecem a função dos catadores e demais trabalhadores informais na gestão dos resíduos sólidos.	Possui leis que oportunizam a integração dos catadores e demais trabalhadores informais na gestão dos resíduos recicláveis.	Possui leis que possibilitam a integração dos catadores e recicladores informais na cadeia de valor dos REEE.
Instrumentos de gestão de REEE	Não Possui	Possui instrumentos nacionais de gestão de resíduos sólidos.	Possui instrumentos nacionais de gestão de REEE	Possui instrumentos nacionais e regionais/ locais de gestão de REEE.

Fonte: Autoria própria (2023)

A seguir foi sintetizado e analisado os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE no âmbito dos países do BRICS relacionados ao objetivo específico dois. Além disso, comparou-se e analisou-se os aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE entre os países do BRICS referentes ao objetivo específico três.

Na sequência, na seção 4.6.4 dessa tese, através da análise dos dados das entrevistas semiestruturadas apreciou-se proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS relativas ao objetivo específico quatro. Com os resultados da apreciação organizou-se e apresentou-se na seção 4.6.4.1 um *framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS, em atendimento ao objetivo central da tese.

As fases para o desenvolvimento da pesquisa foram operacionalizadas de acordo com o cronograma (Apêndice A) pré-estabelecido, no qual se considerou o tempo necessário para o progresso da pesquisa dentro do rigor metodológico traçado, dos prazos estabelecidos pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e

Sociedade (PPGTE) e das restrições impostas pela pandemia do Covid-19. No cronograma empregou-se a cor azul para distinguir as fases de apresentação, fundamentação teórica e estruturação da metodologia, que foram desenvolvidas no ano de 2020 e nos meses de janeiro e fevereiro de 2021, porém foram revisadas ao final da escrita da tese em dezembro de 2022. A seguir, a cor amarela foi utilizada para a visualização dos estudos de casos individuais que foram desenvolvidas entre fevereiro de 2021 e junho de 2022, com duração média de quatro meses para cada estudo de caso. Por fim, a cor verde foi aplicada nas fases de análises conclusivas formadas pela síntese cruzada dos casos e das considerações finais da tese, desenvolvidas entre setembro de 2021 e dezembro de 2022.

4 RESULTADOS E ANÁLISES DOS ESTUDOS DE CASOS

Nessa seção são apresentados os estudos de casos do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, onde se insere um *case* de uma metrópole de cada país e; a análise cruzada desses casos e as resultantes das entrevistas semiestruturadas aplicadas à especialistas técnicos e científicos sobre a gestão dos REEE. Essas análises e entrevistas fundamentam e buscam estruturar o *framework* dessa tese.

4.1 Estudo de caso Brasil

O Brasil possui uma área territorial de 8.515,34 mil/km² e uma população estimada em 2021 de 213,99 milhões de habitantes. O PIB do país apresentou elevação entre 1990 e 2011, passando de 390,73 bilhões (US$) para 2,62 trilhões (US$), porém a partir desse ano apresentou oscilações negativas. Em 2019, o PIB registrou 1,87 trilhões (US$), mas com os efeitos da pandemia Covid 19 retraiu para 1,45 trilhões (US$), elevando-se em 2021 para 1,61 trilhões (US$). O PIB per capita passou de US$ 2.622,30 em 1990 para US$ 13.245,40 em 2011, quando começou a oscilar negativamente e em 2019 registrou US$ 8.876,10, em 2020 reduziu para US$ 6.814,90, elevando-se em 2021 para 7.518,80 (WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

O setor de eletroeletrônicos é um dos mais relevantes do mercado brasileiro e apresenta forte crescimento nos últimos dez anos. É responsável por cerca de 4,1% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, que se situa entre os maiores produtores globais de EEE (VALENTE *et al*., 2021). Em 2020, a indústria eletroeletrônica faturou R$ 173,2 bilhões, resultado da recuperação do setor a partir do terceiro trimestre do ano, mesmo com a retração de 1% decorrentes dos impactos econômicos da pandemia Covid 19 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2021, *online*).

Contudo, o Brasil é o quinto maior gerador de REEE do mundo com cerca de 2.143 kt em 2019. As quatro primeiras posições são ocupadas pela China com 10.129 kt, Estados Unidos com 6.918 kt, Índia com 3.230 kt e Japão com 2.569kt. Calcula-se que no mesmo ano a geração por habitante de REEE no Brasil seja de 10,2 kg per capita (FORTI *et al.*, 2020) e estima-se que a reciclagem dos REEE não chegue a 2% do total gerado, o que demonstra o enorme desafio, mas também de oportunidades a todas as partes envolvidas (DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; GIESE *et al.,* 2021).

Pondera-se que o país precise 4 mil pontos de coleta de REEE para recuperar 70% desses resíduos e cada cidade com mais de 150 mil habitantes tenha no mínimo um Ponto de Entrega Voluntária (PEV) de REEE (VALENTE *et al*., 2021).

Em 2020 os REEE mais descartados no país foram cabos e acessórios, aparelhos de áudio e vídeo, aparelhos celulares, geladeiras, ferros de passar e liquidificadores; sendo todos esses possíveis de serem reciclados (GREEN ELETRON, 2021, *online*, RODRIGUES; BOSCOV; GÜNTHER, 2020). De acordo com Xavier, Veit e Bernardes (2017) os REEE são descartados pela população de diferentes formas entre a coleta domiciliar comum, coleta seletiva, PEVs, doações para instituições filantrópicas, caçambas para entulhos e em locais como praças, terrenos vazios, rios ou em vias públicas.

A maioria do resíduo eletroeletrônico gerado no Brasil tem sua destinação para aterros sanitários, incinerações informais, catadores informais e exportações para reciclagem em outros países como Bélgica e Canadá. Apesar do país ter uma geração crescente de REEE, não detêm um sistema formal eficaz que cubra todas as fases e materiais para reciclagem desses resíduos, dando margem a informalidade e impactando o meio ambiente e a saúde humana (DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2020, PEDRO *et al*., 2021).

Segundo Valente *et al*. (2021) somente 10% dos catadores de recicláveis estão formalizados em cooperativas no Brasil. Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019) expõem que uma parcela significativa da população mais vulnerável da sociedade atua no mercado de reciclagem como meio de sobrevivência e inclusão social. Esses autores observam que como os REEE muitas vezes são descartados no coletivo de recicláveis, os catadores informais os coletam, separam e revendem às cooperativas de reciclagem.

O volume e a forma do descarte de REEE é resultado também dos hábitos do consumidor. Rodrigues, Boscov e Günther (2020) conduziram pesquisa na cidade de São Paulo revelando que 72,6% das famílias possuem REEE armazenados em suas casas e 24% dos respondentes alegaram não saber onde descartar os REEE. Todavia, 50,6% dos entrevistados buscaram reparar os EEE, mas os altos custos de reparo fazem com que 65% desses decidam por não realizar o conserto. A pesquisa também revelou que 95,3% do público não está disposto a comprar EEE usados.

Nesse contexto, em mercados de materiais secundários como os de REEE no Brasil, legislações e diretrizes nacionais são relevantes para definir atribuições e custeios de cada parte envolvida (ANNA; MACHADO; DE BRITO, 2015).

4.1.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE

A Política Nacional do Meio Ambiente foi instituída pela Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que dispôs sobre os fins e mecanismos de formatação e aplicação da política ambiental. Em 1993 o Brasil tornou-se signatário da Convenção de Basiléia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua disposição final (BASEL CONVENTION, 2022, *online).* Em 02 de agosto de 2010 a Lei Nº 12.305 instituiu no Brasil a atual Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), alinhando os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas, ações e responsabilidades à gestão integrada dos resíduos sólidos no país. De acordo com seu Art. 5º, a PNRS se articula com a políticas nacionais do meio ambiente, da educação ambiental e do saneamento básico. Essa lei define a gestão adequada dos resíduos sólidos pela cooperação do governo federal, estadual, municipal, setor privado e sociedade. A PNRS está embasada em princípios que destacam a prevenção pela não geração de resíduos, mas uma vez gerados são tidos como fonte de geração de renda e progresso social e seu manejo deve primar por mitigar impactos ambientais. A gestão dos resíduos sólidos deve estar fundamentada em uma visão sistêmica ao desenvolvimento territorial sustentável, respeitando a diversidade local, cuja responsabilidade seja compartilhada e em cooperação entre o poder público, produtor e consumidor. Cabe a sociedade exercer o controle social com amplo acesso às informações pertinentes (BRASIL, 2010a).

Os principais objetivos da PNRS se concentram na qualidade do meio ambiente e na saúde pública, com ações voltadas a reduzir, reciclar e reutilizar os resíduos, promover a produção e consumo sustentável, o desenvolvimento de tecnologias limpas e estimular a indústria da reciclagem. A referida lei ressalta que os contratos de órgãos governamentais priorizem produtos e serviços alinhados a padrões de produção e consumo sustentável e que haja a inclusão dos catadores nas ações que visem a responsabilidade compartilhada na gestão dos resíduos. O gerenciamento dos resíduos sólidos é de responsabilidade do Distrito Federal e dos Municípios, respectivamente aos seus territórios. Cabe à União e aos Estados as

atribuições em observância da PNRS de controlar e fiscalizar, incentivar e promover a organização e cooperação entre os municípios e regiões. Para tal, os entes federados do Brasil com a participação da sociedade elaboram seus Planos de Resíduos Sólidos cuja linha temporal é de 20 anos, atualizado a cada quatro anos e sempre que possível em conjunto com a formatação do plano plurianual municipal. Os planos nacionais, estaduais e municipais em comum realizam diagnósticos dos resíduos sólidos de sua esfera de atuação, traçam projeções, estabelecem metas para a redução, reutilização e reciclagem de materiais, eliminação dos lixões, instituem normas, controlam, fiscalizam e promovem ações regionalizadas para a gestão sustentável dos resíduos. Os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) devem priorizar ações consorciadas intermunicipais e implementar a coleta seletiva integrando cooperativas e associações de catadores de materiais de baixa renda para a priorização ao acesso a recursos do governo nacional e estadual. Cabe aos Municípios estabelecer as regras para o transporte e os locais para a disposição adequada dos resíduos, regenerar passivos ambientais, promover a capacitação técnica e a educação ambiental. O município pode optar pela gestão integrada de resíduos sólidos como parte de planos consorciados intermunicipais ou como parte do plano municipal de saneamento básico de acordo com as normas da PNRS (BRASIL, 2010a).

A PNRS instituiu a responsabilidade compartilhada no ciclo de vida dos produtos, formada pelo conjunto de ações coordenadas pelos produtores e comerciantes, importadores e distribuidores, pelos consumidores e responsáveis pelos serviços de limpeza e manejo dos resíduos sólidos com a finalidade de reduzir o volume de resíduos gerados e minimizar os impactos à saúde pública e à qualidade do meio ambiente (BRASIL, 2010a). O Art. 25 da Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010a) ressalta que “o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos”.

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), objeto do estudo dessa tese, são classificados pela PNRS (BRASIL, 2010a) quanto à origem em resíduos sólidos urbanos domiciliares, cuja geração advém do meio residencial urbano. Além disso, a lei estabelece em seu Art. 33 a obrigação aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes em implantar redes de logística reversa

aos produtos elétricos eletrônicos, paralelo ao serviço de limpeza pública. A logística reversa é definida na PNRS (BRASIL, 2010a), em seu Art. 3º inciso XII como um:

> Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Os sistemas de logística reversa podem ser legislados por regulamentos, acordos setoriais ou termos de compromisso que definam as regras para a implementação das redes de logística reversa, desde os pontos de entrega dos produtos pelo consumidor até o retorno ao fabricante. Os serviços de limpeza pública podem atuar nesses processos de logística reversa, mas devem ser remunerados pela atividade, bem como os serviços de cooperativas e associações de catadores (BRASIL, 2010a).

O Decreto Nº 7.404 de 23 de setembro de 2010 regulamenta a Lei Nº 12.305, cria o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa e detalha os instrumentos e a implantação da logística reversa. O Ministério do Meio Ambiente preside e compõem o Comitê Orientador em conjunto com o Ministro da Saúde, da Fazenda, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O Comitê Orientador tem a função de nortear as estratégias de implementação, examinar a viabilidade técnica e econômica, os impactos sociais e ambientais dos sistemas de logística reversa. O referido decreto detalha pontos relevantes aos sistemas de logística reversa a serem implementados no Brasil como a participação social, a educação ambiental, os acordos setoriais, a priorização na utilização de cooperativas e associações de catadores, o uso do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) como gerenciadora de dados dos resíduos sólidos no país e regula os resíduos perigosos.

A educação ambiental na PNRS é destacada no Art. 77 do Decreto Nº 7.404 e tem o objetivo de desenvolver o conhecimento, os valores e os comportamentos adequados em relação a gestão dos resíduos sólidos. Os órgãos públicos e os fabricantes têm a responsabilidade de promover ações de conscientização a todos os atores envolvidos nesses processos que garantam a produção e consumo sustentável (BRASIL, 2010b).

Os acordos setoriais podem surgir por iniciativas do setor privado ou do poder público, mas em ambos os casos devem englobar a participação dos diferentes atores

envolvidos: órgãos públicos, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, catadores e consumidores. Os sistemas de logística reversa devem possibilitar a integração dos serviços dos catadores de recicláveis como meio de inclusão social e geração de renda, assim como devem examinar com a devida cautela técnica o manuseio dos REEE perigosos. O manejo deve ser tratado por empresas registradas no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (BRASIL, 2010b).

Em 31 de outubro de 2019 foi firmado o Acordo Setorial para a Implantação do Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes entre o Ministério do Meio Ambiente, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), a Associação Brasileira da Distribuição de Produtos e Serviços de Tecnologia da Informação (ABRADISTI), a Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (ASSESPRO NACIONAL) e a Green Eletron – Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019, *online*). Esse acordo setorial foi transporto no Decreto Nº 10.240 de 12 de fevereiro de 2020, que define normas para estruturar, implantar e operacionalizar as redes de logística reversa dos equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. O objetivo é estabelecer uma rede de PEVs nas cidades para o descarte de equipamentos eletroeletrônicos e posterior destinação ambientalmente apropriada. O art. 33 inciso I desse decreto detalha a destinação ambientalmente adequada em “[...] preferencialmente para reciclagem, a cem por cento dos produtos eletroeletrônicos que forem recebidos pelo sistema” (BRASIL, 2020).

A estruturação e implementação do sistema de logística reversa prevê duas fases. A primeira, findada em dezembro de 2020, trata entre outros da criação do Grupo de Acompanhamento de Performance, da adesão dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes ao acordo setorial, da formatação de base para a disponibilização de dados da logística reversa e do encaminhamento para a regulamentação e simplificação fiscal do transporte dos equipamentos e resíduos entre os Estados brasileiros. Cabe ao Grupo de Acompanhamento de Performance acompanhar e propor melhorias à estruturação, implementação, operacionalização e gestão dos sistemas de logística reversa, sendo constituído por representantes dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e entidades gestoras. A segunda fase, iniciada em janeiro de 2021, tem a finalidade de habilitar prestadores de serviços a atuar no sistema de logística reversa, estruturar programas de

comunicação e educação ambiental e instalar os PEVs dos REEE nas cidades de acordo com o cronograma estabelecido no Decreto Nº 10.240. Esse decreto também relaciona os produtos eletroeletrônicos que podem ser descartados nos pontos de recebimento. A meta definida no decreto é ao quinto ano as redes de logística reversa estarem coletando e destinando de forma ambientalmente adequada 17% (em peso) dos equipamentos eletroeletrônicos inseridos no mercado nacional, tendo o ano de 2018 como base de cálculo do volume (BRASIL, 2020).

De acordo com o Decreto Nº 10.240 (BRASIL, 2020) a operacionalização das redes de logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos inicia com o descarte pelos consumidores nos pontos de recebimentos dispostos nas cidades, o armazenamento temporário nesses locais ou em pontos de consolidação, transporte desses equipamentos para os centros de reciclagem e a destinação final ambientalmente adequada. Nessas redes, as cooperativas e associações de catadores, assim como os encarregados pela limpeza pública urbana podem atuar, desde que estejam habilitados juntos aos órgãos ambientais de competência e acordados legalmente.

Além disso, o Decreto Nº 10.240 fixa as obrigações dos atores envolvidos no processo de logística reversa dos equipamentos eletroeletrônicos. Os fabricantes e importadores são responsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos produtos, fornecer dados sobre os resultados e atuar nos programas de conscientização da sociedade, bem como lhes compete arcar com os recursos financeiros necessários à sustentabilidade do sistema na proporção de sua fatia de mercado. Os distribuidores devem contribuir nas atividades dos fabricantes e importadores, bem como dos comerciantes, disponibilizando locais para os centros de consolidação do descarte dos equipamentos.

Essas atividades podem ser desempenhadas por entidades gestoras formadas pela associação de fabricantes e importadores. Os comerciantes têm a obrigação de informar os consumidores acerca da logística reversa e receber o descarte dos equipamentos. Os consumidores devem separar e descartar de forma adequada os equipamentos eletroeletrônicos, removendo informações pessoais que estejam armazenados nesses produtos (BRASIL, 2020). Por outro lado, o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017 estabelece a isonomia de obrigações da logística reversa prevista na Lei Nº 12.305 a todos os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes signatários ou não de acordos setoriais. Partes não signatárias de

acordos setoriais devem estruturar seus próprios sistemas de logística reversa (BRASIL, 2017). Em resumo, o Quadro 28 complementa e sintetiza as principais legislações de abrangência nacional relacionadas aos REEE aplicados no Brasil.

Quadro 28 – Brasil: legislação nacional

Legislação	Objetivos
Convenção da Basiléia - 1993 Acordo internacional multilateral	Adoção à Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Disposição Final.
Decreto Nº 875 – 19/07/1993 Decreto Nº 4.581 – 27/01/2003.	Decreta o texto e a emenda da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Disposição Final.
Lei Nº 12.305 – 02/08/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Decreto Nº 7.404 – 23/12/2010	Regulamenta a PNRS, cria o Comitê Interdisciplinar da PNRS, cria o Comitê para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa.
Decreto Nº 9.177 – 23/10/17	Estabelece a isonomia de obrigação da logística reversa das partes envolvidas signatárias ou não de acordos setoriais.
Acordo Setorial – 31/10/2019	Instaura o acordo setorial para a implementação da logística reversa dos equipamentos eletroeletrônicos.
Decreto Nº 10.240 – 12/02/2020	Estabelece normas para a implementação da logística reversa dos equipamentos eletroeletrônicos a que se refere o acordo setorial.

Fonte: Brasil (1993, 2003, 2010a, 2010b, 2017, 2020) e Ministério do Meio Ambiente (2019)

Constata-se que em 1993, o país passa a adotar a Convenção de Basiléia, mas o marco legal para políticas acerca de resíduos sólidos no país ocorreu em 2010 com a instituição da Lei Nº 12.305 que legisla sobre a política nacional de resíduos sólidos, regulamentada pelos Decretos Nº 7.404 e 9.177. Estes instrumentos legais englobam políticas nacionais também para a gestão dos REEE e abriram caminho para o acordo setorial de logística reversa dos REEE.

Nesses instrumentos legais se identifica o arcabouço institucional utilizado no Brasil para a implementação, execução, coordenação e fiscalização das políticas sobre os resíduos sólidos, inclusive dos REEE. O Quadro 29 e 30 apresentam a função das estruturas institucionais por nível de abrangência e os instrumentos legais e de conformidade para a gestão dos resíduos sólidos relacionados aos REEE, citando o ano de sua instituição.

Quadro 29 – Brasil: estruturas legais

Estruturas legais	Nível	Função
Ministério do Meio Ambiente (MMA) - 1992	Nacional	Formatar e implantar políticas públicas ambientais nacionais, articulando e pactuando com as partes envolvidas. Articular as partes envolvidas para a assinatura do acordo setorial do sistema de logística reversa dos EEE (2019). Apoiar à simplificação das atividades de recebimento e transporte de REEE. Gerir o cronograma, as metas e os dados dos sistemas de logística reversa dos REEE.
Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) - 1981	Nacional	Estabelecer normas e critérios às políticas públicas ambientais.
Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA) - 1989	Nacional	Implementar políticas públicas ambientais. Conceder licenciamento ambiental às atividades de reciclagem. Regular o transporte interestadual de EEE e seus resíduos.
Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa - 2010	Nacional	Orientar a implementação, analisar a viabilidade técnica e econômica, os impactos sociais e ambientais dos sistemas para a logística reversa.
Grupo de Acompanhamento de Performance - 2010	Nacional	Acompanhar a implementação, operacionalização e gestão dos sistemas de logística reversa dos EEE.
Órgãos Seccionais - 1981	Estadual	Controlar, fiscalizar e implementar programas relacionados ao meio ambiente.
Órgãos Colegiados – Conselhos Municipais - 1981	Municipal	Atuar de forma deliberativa e consultiva nas questões ambientais. É formado por representantes do governo, empresas e sociedade.
Órgãos Locais - 1981	Municipal	Controlar e fiscalizar atividades relacionadas ao meio ambiente.

Fonte: Brasil (1981, 2010a, 2010b, 2020) e Ministério do Meio Ambiente (2021)

Quadro 30 – Brasil: instrumentos legais e de conformidade

Instrumentos Legais e de Conformidade	Função
Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - 2010	Institui os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes e responsabilidades da política nacional de resíduos sólidos. Institui a responsabilidade compartilhada e sistemas de logística reversa aos REEE.
Planos Estaduais de Resíduos Sólidos - 2010	Fornece as diretrizes para a gestão dos resíduos nos municípios, incentivando a gestão consorciada e compartilhada, bem como formas de inclusão e progresso social dos catadores de materiais recicláveis.
Planos Microrregionais de Resíduos Sólidos - 2010	Define estratégias para a coleta seletiva e sistemas de reciclagem de resíduos sólidos urbanos de regiões metropolitanas e de outras microrregiões, em consonância aos planos estaduais.
Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - 2010	Regula a gestão dos resíduos sólidos, priorizando o consórcio intermunicipal e a participação dos catadores de materiais recicláveis via cooperativas e associações.

Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - 2010	Formata plano de ação para a gestão dos resíduos sólidos pelos geradores e os sistemas de logística reversa dos REEE pelos produtores, importadores, distribuidores e comerciantes.
Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana - 2019	Institui agenda de ações para a melhoria da qualidade de vida urbana. Os resíduos sólidos formam um dos eixos de atuação, que destaca a disposição final segura e o fortalecimento dos sistemas de logística reversa.
Acordos setoriais, regulamentos e termos de compromissos Acordo setorial de logística reversa para os REEE - 2019	Institui acordos entre o poder público e o setor empresarial em qualquer esfera de atuação. Acordo entre o Ministério do Meio Ambiente e produtores/importadores de EEE para estruturar e implementar a logística reversa dos REEE.
Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) - 1981	Assegura o cumprimento das leis e normas ambientais. É formado por órgãos públicos e não-governamentais responsáveis pela gestão ambiental em todas as esferas do país.
Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) - 2010	Agrega e disponibiliza informações e dados sobre resíduos sólidos à nível nacional e estadual. Fornece orientações e dados sobre a logística reversa de EEE e seus componentes, bem como de agrotóxicos, medicamentos, baterias, lâmpadas, embalagens e pneus.
Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) - 1973	Exerce funções relacionadas à qualidade, metrologia, normalização e certificação de conformidade de produtos entre eles EEE. É formado por entidades privadas e órgãos públicos como o INMETRO, CONMETRO e ABNT.
NBR 16.156 – Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – ABNT - 2013	Estabelece normas para as atividades de manufatura reversa de REEE.

Fonte: Brasil (1981, 2010a, 2010b, 2020), Ministério do Meio Ambiente (2019) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021)

Identifica-se nos quadros acima que políticas mais específicas para os resíduos eletroeletrônicos foram instituídas no Brasil com a PNRS em 2010. Entretanto, a partir da década de 1970 o país começou a buscar a qualidade e segurança dos produtos industrializados com a fundação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e do SINMETRO (Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Na década de 1980 o país avançou para a instituição de políticas e estruturas para a gestão ambiental e em 1992 constitui o Ministério do Meio Ambiente. Em paralelo, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) expediu em 2013 a NBR16156 sobre resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, requisitos para atividade de manufatura reversa e participa do comitê internacional para estruturação da norma técnica sobre a economia circular (ABNT/CEE-323) a ser aplicada no país.

A partir da relevância dada pela PNRS à responsabilidade compartilhada e aos sistemas de logística reversa dos REEE surgem outras regulamentações detalhando sobre o tema e os REEE passam a ocupar ações em agendas nacionais, estaduais e municipais. As estruturas federais e o plano nacional de resíduos sólidos destacam a gestão dos REEE como um dos seus eixos de atuação, enquanto nas estruturas e instrumentos legais estaduais e municipais o tema permanece em sua maioria integrado na gestão de resíduos sólidos, sem ações específicas. O governo federal estimula as operações consorciadas intermunicipais e a participação de cooperativas e associações de catadores na coleta seletiva e reciclagem de produtos em geral como ponto de priorização no recebimento de recursos da União.

4.1.2 Atores nos processos inerentes aos REEE

Estudos como de Monteiro (2019) e Vieira *et al.* (2020) categorizam os atores nos sistemas de gestão de REEE em três grupos: (i) governo, (ii) mercado e (iii) sociedade, que são os considerados por essa tese. O Quadro 31 apresenta e classifica os atores identificados no estudo do caso Brasil e a Figura 29 demonstra os atores na cadeia de valor dos REEE presentes no país.

Quadro 31 – Brasil: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE

Atores	**Função na gestão de resíduos e de REEE**
Governo	
Governo federal	Instituir leis, regulamentos e diretrizes específicas aos processos e agentes envolvidos na gestão dos REEE. Plano de fiscalizar, controlar a gestão dos resíduos como os REEE.
Governo estadual	Plano de Gestão dos resíduos.
Administrações municipais	Plano de Gerenciamento e manejo dos resíduos.
Titulares da limpeza pública urbana e de manejo de resíduos sólidos	Participar da conscientização da sociedade. Podem atuar em redes de logística reversa desde que habilitados.
Mercado	
Fabricantes, importadores	Dar a destinação final ambientalmente adequada aos REEE. Participar da conscientização da sociedade.
Distribuidores	Participar de redes de logística reversa. Dispor locais de consolidação do descarte.
Entidades gestoras: Green Eletron e ABREE	Estruturar, implantar, operacionalizar e gerir redes de logística reversa de EEE.
Comerciantes	Informar os consumidores. Dispor locais de recebimento de REEE.

Empresas recicladoras	Coletar, desmontar, separar e reciclar REEE.
Cooperativas e Associações de Catadores	Podem atuar em redes de logística reversa desde que habilitados.
Catadores individuais	Coletar recicláveis nas vias públicas e vender às cooperativas e associações de catadores. Proceder a destinação adequada dos REEE.
Sociedade	
Consumidor	Compradores de EEE. Separar e descartar os REEE adequadamente.
Organizações Não Governamentais (ONGs)	Atuar na melhoria das condições de trabalho dos catadores. Sensibilizar a sociedade no reconhecimento do trabalho dos catadores e ao consumo sustentável e descarte adequado.
Instituições de ensino e de pesquisa	Fomentar a realização de pesquisas. Atuar em programas de sensibilização da sociedade.
Meios de comunicação - tradicionais e sociais	Meios de difusão da informação. Sensibilizar a sociedade ao consumo sustentável e descarte adequado.

Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al.* (2021), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2012), Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021), Brasil (1981, 2010a, 2010b, 2020), CETEM (2021), Giese *et al.* (2021), GM&C (2021), Green Eletron (2021), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2013), Lopes dos Santos (2020), Lopes dos Santos e Jacobi (2021), Ministério do Meio Ambiente (2019), Sinctronics (2021)

Observa-se no Quadro 31 e na Figura 29 que as esferas de governo são responsáveis por regular a cadeia de valor dos resíduos eletroeletrônicos, bem como promover a conscientização da sociedade. O governo federal instituiu diretrizes específicas para REEE através da PNRS, do Acordo Setorial e do Decreto Nº 10.240. Os governos estaduais e municipais vêm ampliando ações à logística reversa em seus planos de gestão de resíduos, como é o caso do Estado e da cidade de São Paulo que possuem ações específicas aos REEE em seus planos de resíduos sólidos.

Figura 29 – Brasil: cadeia de valor dos REEE

Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al.* (2021), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2012), Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021), Brasil (1981, 2010a, 2010b, 2020), CETEM (2021), Giese *et al.* (2021), GM&C (2021), Green Eletron (2021), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2013), Lopes dos Santos (2020), Lopes dos Santos e Jacobi (2021), Ministério do Meio Ambiente (2019), Sinctronics (2021)

Após a instituição da PNRS (2010) foram fundadas duas entidades gestoras com o propósito de realizar a gestão da logística reversa dos REEE: a ABREE - Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos e a Green Eletron - Gestora Nacional para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos vinculada à Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee). Estas

entidades gestoras tem o objetivo de atender a demanda de coleta e reciclagem dos REEE, bem como de pilhas e baterias, alinhada à legislação nacional e às metas de logística reversa estabelecidas pelo acordo setorial (BRASIL, 2022). Atualmente, a Green Eletron possui 82 empresas associadas (fabricantes, importadores, distribuidores), que patrocinam suas operações e atende 13 Estados brasileiros: SP, RJ, DF, BA, CE, ES, GO, MG, MS, PE, PR, RS e SC. A coleta de REEE, segundo uma lista disponibilizada pela gestora, é realizada através de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) dispostos em locais estratégicos como lojas de varejo (Ex: Casas Bahia, Magazine Luiza), shoppings centers, instituições de ensino e em drive-thru. A gestora também promove campanhas de sensibilização do consumidor ao descarte adequado dos REEE pelo programa Eletrônico não é Lixo (GREEN ELETRON, 2021, *online*). A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos pela gestora desde o início de suas atividades em 2017.

Tabela 7 – Green Eletron: resultados 2017 a 2020

	2017	**2018**	**2019**	**2020**
Nº Coletores	16	36	170	600
Cidades abrangidas	7	8	70	189
kt coletados e tratados	2.500	102.400	342.900	88.000

Fonte: Green Eletron (2021)

Constata-se que no período analisado a gestora ampliou o quantitativo de cidades atendidas, bem como do número de PEVs. De 2017 a 2019, os REEE coletados e tratados cresceram de 2.500 kt para 342.900 kt, que de acordo com a gestora reciclou em torno de 100t de metais e 47,5t de plástico em 2019. No entanto, a pandemia do Covid 19 comprometeu o resultado de 2020, pois diversos pontos de coleta permaneceram fechados em boa parte do ano. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente “até 2025 está prevista a instalação de mais de 5.000 pontos de entrega no país, nos 400 maiores municípios, que representam 60% da população. Os municípios menores poderão ser atendidos por meio de campanhas móveis de coleta” (BRASIL, 2022).

A Green Eletron mantém parceria com empresas certificadas para a coleta e reciclagem dos materiais: como a Sinctronics e a GM&C, ambas no Estado de São Paulo. A recicladora Sinctronics, realiza a coleta, desmonta e separa os materiais de

acordo com suas propriedades. A empresa recicla plásticos, cartuchos e trabalha em parceria com seus clientes para a reintrodução dos materiais na cadeia produtiva (SINCTRONICS, 2021, *online*). De outra parte, a recicladora GM&C coleta e desmonta, recicla fios e cabos, separa metais ferrosos e não ferrosos em parceria com empresa italiana e, separa metais finos transformando-os em matéria-prima em parceria com empresa alemã (GM&C, 2021, *online*).

Em 2012, havia um total de 94 recicladoras de REEE instaladas e operando formalmente no país com maior concentração na região sudeste e no Estado de São Paulo com 37 recicladoras (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2012). Em 2021, o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM, 2021, *online*), através do Projeto DATARE, rastrearam 272 organizações atuando na reciclagem dos REEE.

A formalização de empresas recicladoras é realizada junto ao IBAMA e aos órgãos estaduais do meio ambiente. As recicladoras obtêm a matéria-prima por três meios: (i) PEVs; (ii) coleta nos domicílios e empresas e (iii) entrega voluntária na empresa recicladora. A fim de garantir fluxos maiores e constantes de matéria-prima as recicladoras costumam estabelecer parcerias com empresas, instituições de ensino e governos locais (LOPES DOS SANTOS; JACOBI, 2021).

O mercado brasileiro de reciclagem de resíduos, que incluem os REEE, é formado historicamente por atores que desenvolvem atividades formais e informais. Conforme Abalansa *et al.* (2021) essa é uma característica presente sobretudo nos mercados de reciclagem de REEE dos países em desenvolvimento. A PNRS (2010) incluiu a atividade dos catadores de material reciclável e estimula a organização coletiva desses em cooperativas e associações para atuar desde que habilitados na logística reversa dos REEE. Os catadores estão inseridos na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) do Ministério do Trabalho como trabalhadores da coleta e seleção de material reciclável (Código 5192), mas em sua maioria ainda desempenham a atividade na informalidade.

Em estudo recente, Giese et al. (2021) mapearam as principais cooperativas que atuam no tratamento de REEE no Brasil, sendo que do total de 46 cooperativas de catadores, quatro estão na região sul, dezessete no sudeste, seis no centro-oeste, três no norte e dezesseis no nordeste do país. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013) estudos de 2011 revelaram que havia entre 400 mil e 600 mil catadores de recicláveis no país, sendo que 93,3% são residentes em áreas

urbanas. O Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR, 2021, *online*) formado por 1829 organizações de catadores (cooperativas e associações) estima que atualmente há em torno de 800 mil catadores ativos no Brasil, sendo a maioria formada por mulheres (55%). Conforme o SNIS-RS em 2017 foram contabilizados 1.152 entidades associativas e 28.880 catadores organizados (BRASIL, 2022). O IPEA (2013) destaca que a maior concentração desses trabalhadores se encontra na região Sudeste do país com cerca de 41,6%, em especial no Estado de São Paulo com 20,5% destes. De acordo com Abalansa *et al.* (2021), um trabalhador de REEE no Brasil possui uma renda média mensal de 184 dólares, abaixo do México com 316 dólares, mas superior ao da China com 58,5 dólares. O IPEA (2013) aponta para outro estudo realizado pelo Sistema de Informações de Economia Solidária de 2012 em 692 empreendimentos de reciclagem, no qual foi apresentado que 28% atuavam sob a forma de cooperativas, 34% como associações, 38% permaneciam na informalidade e; 46% do total utilizavam os comerciantes atravessadores para escoar o material a ser reciclado.

As organizações não governamentais e instituições de ensino e pesquisa no Brasil apoiam muitas dessas cooperativas e associações, bem como os catadores individuais, realizando programas de treinamento técnico e de gestão e promovendo pesquisas relacionadas a reciclagem, inclusive específicas aos REEE. Além disso, essas organizações contribuem para a sensibilização da sociedade ao consumo e descarte sustentável através de campanhas e projetos de e educação ambiental.

O consumo de EEE no país foi majorado nas últimas décadas por políticas públicas que incentivaram o acesso a EEE novos através de linhas de crédito específicas para a aquisição de equipamento de informática e de eletrodomésticos da linha branca, sobretudo nas classes sociais C e D (LOPES DOS SANTOS; JACOBI, 2021). Soma-se a esses a capilarização de meios de acesso ao crédito e crediário, a obsolescência programada e a maior publicidade dos eletroeletrônicos (LOPES DOS SANTOS, 2020). Além disso, observa-se no país que os meios de comunicação tradicionais e sociais exercem grande influência nas escolhas do consumidor e são utilizadas em sua maioria para a venda de mais EEE, porém também noticiam campanhas de descarte patrocinadas por organizações públicas ou privadas.

Nesse contexto, a cidade de São Paulo, maior geradora de REEE da América Latina (PEDRO *et al.,* 2021) vem adotando políticas públicas e ações que visem a

redução e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos, almejando fechar os ciclos das cadeias produtivas alinhadas aos princípios da economia circular.

4.1.3 REEE na metrópole São Paulo

A metrópole São Paulo está localizada na região sudeste do país, no Estado de São Paulo e centraliza a maior região metropolitana do Brasil. A cidade possui uma área territorial de 1.521,11 km2 e está dividida administrativamente em 32 subprefeituras, uma população estimada em 2020 de 12.325.232 habitantes, PIB de R$ 714 bilhões ano (US$ 131,32 bilhões), PIB per capita de R$ 59.467,00 (US$ 10.936,86), acima da média nacional de R$ 33.593,82, e um IDH de 0,805. Porém, a cidade convive com a desigualdade social. Em 2017, enquanto a média dos trabalhadores recebia 4,2 salários-mínimos, 31,6% das residências apresentavam renda mensal de até ½ salário-mínimo por habitante (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021, *online*). Resultante de um forte processo de industrialização e imigração, São Paulo se tornou o maior mercado consumidor do país, mas também o maior gerador de REEE. A cidade gera cerca de 534.000 t ao ano de REEE (RODRIGUES; BOSCOV; GÜNTHER, 2020), mas só recicla em torno de 3% desses resíduos (PEDRO *et al*., 2021).

O Estado de São Paulo revisou o Plano Estadual de Resíduos Sólidos em 2020 com a participação de representantes da iniciativa privada, da academia e de organizações não governamentais, sendo submetido à consulta e audiências públicas. Na revisão manteve o compromisso com a responsabilidade do pós-consumo dos EEE. Para tal, o governo estadual adota políticas que visam impulsionar a reciclagem dos REEE. Entre elas condiciona a concessão de licenças ambientais aos fabricantes de produtos eletroeletrônicos à apresentação de planos de logística reversa e relatórios anuais conforme Resolução SMA Nº 45/2015. Por outro lado, a Decisão Cetesb Nº 120/2016/C flexibiliza três regulamentações: (i) dispensa do licenciamento ambiental a determinados pontos de coleta, de triagem e comércios de sucatas; (ii) revisa a classificação de periculosidade dos REEE e; (iii) desobriga da emissão do Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) o transporte de resíduos entre sistemas reconhecidos pelo Termo de Compromisso de Logística Reversa (TCLR). Além disso, mantém cadastro estadual de entidades de catadores de materiais recicláveis a fim de qualificar a gestão dos resíduos sólidos e

tem a política estadual de educação ambiental como base para avançar na implementação da logística reversa no Estado de São Paulo, que por sua vez estão segmentadas em três fases: (i) Indústria e importadores (2011 - 2014); (ii) Indústria (todas) e comércio (2015 - 2021) e; (iii) todos setores e municípios (2022 - 2025) (SÃO PAULO [ESTADO], 2020).

Na cidade de São Paulo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo foi formatado em 2014 e à época de sua elaboração contemplou temas alinhados a PNRS como a responsabilidade compartilhada, a inclusão social dos catadores de recicláveis e a logística reversa dos REEE com metas de implantação de pontos de coleta e de reciclagem. O plano salienta a importância da sensibilização da sociedade pela educação ambiental e capacitação permanente dos servidores e cooperados (SÃO PAULO [Município], 2014). Além da responsabilização à cadeia produtiva e de distribuição dos EEE, a cooperativa de reciclagem Coopermiti, uma das 25 cooperativas conveniadas à Prefeitura de São Paulo, iniciou em 2010 a reciclagem de REEE e atualmente recicla mensalmente em torno de 40t de REEE, mas calcula-se ser necessário reciclar 130t dia para atender a demanda total (COOPERMITI, 2021, *online*).

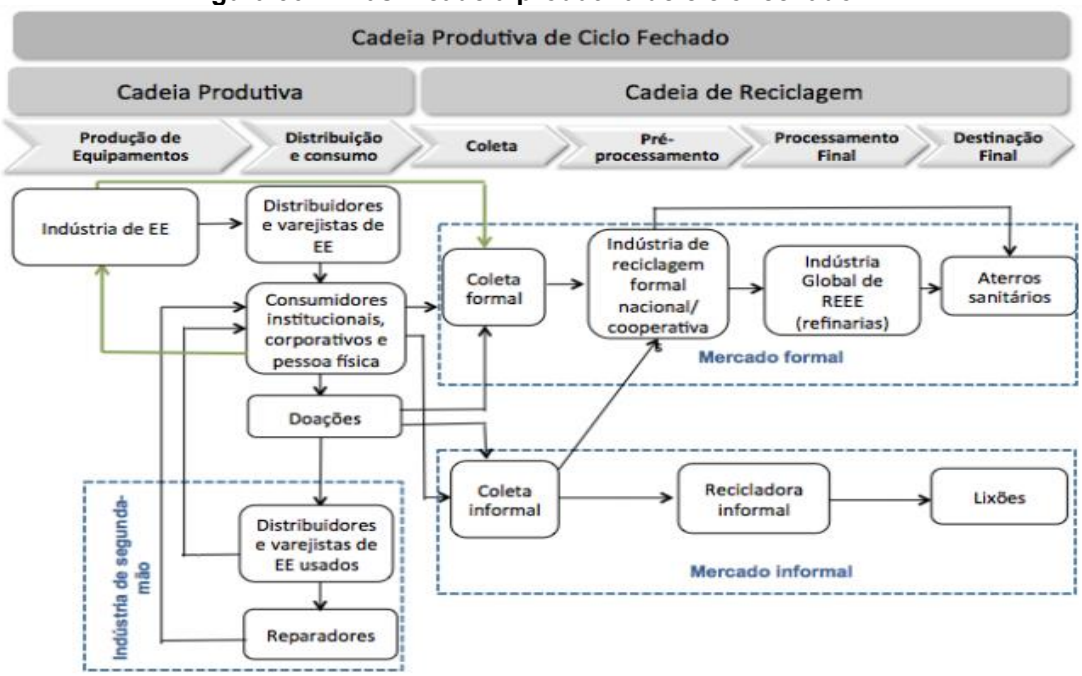
Em 2020, em paralelo à legislação estadual, o governo municipal instituiu através da Lei Nº 17.471 a obrigação da implementação da logística reversa dos equipamentos eletroeletrônicos entre outros pelos produtores, importadores, distribuidores e comerciantes na proporção dos produtos comercializados no município e com recursos próprios desses, promovendo em paralelo campanhas de conscientização da sociedade. Essa lei estabelece a meta de até o final de 2024 recuperar 35% dos REEE com base no volume inserido no mercado em 2023.

A redução e reciclagem de resíduos é também um dos focos de atuação do Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050. O PlanClimaSP destaca que para o alcance das metas propostas são necessários considerar a inclusão dos catadores informais de recicláveis, a conscientização da população e o protagonismo da Prefeitura na articulação com as esferas de governo federal e estadual, bem como com o setor privado, academia e sociedade (SÃO PAULO [Município], 2020b).

Os atores envolvidos na cadeia de valor e na gestão dos REEE na metrópole de São Paulo replicam os apresentados no estudo a nível nacional. Verifica-se na formatação dos planos de gestão de resíduos e do plano de ação climática que as

diferentes partes envolvidas do governo, mercado e sociedade constituem seus grupos de trabalho. De acordo com Lopes dos Santos (2020), os aspectos normativos das leis e planos municipais de São Paulo buscam integrar os diversos atores em circuitos que possibilitem o fechamento dos ciclos produtivos seguindo os princípios da economia circular. Porém, se faz necessário a devida atenção aos aspectos técnicos desses ciclos, pois é o que viabilizará os sistemas circulares. Esse autor utiliza o fluxograma apresentado por Mazon (2014) exibido na Figura 30 para sintetizar os fluxos entre os atores envolvidos na cadeia produtiva dos EEE e na reciclagem dos REEE da metrópole de São Paulo, que são regulados e fiscalizados pelas esferas de governo.

Figura 30 – Brasil: cadeia produtiva de ciclo fechado



Fonte: Lopes dos Santos (2020, p. 8),

Constata-se a coexistência do mercado formal e informal na cadeia de reciclagem dos REEE e de um mercado de reparos de EEE usados, que antecede o descarte, em expansão na cidade seja pela sensibilização da sociedade em prolongar a vida útil do equipamento ou pela dificuldade financeira em adquirir novos produtos. Outro ponto a ser destacado é que o processamento final de materiais, sobretudo os de metais preciosos, são em sua maioria exportados para tratamento em outros países como Bélgica, Estados Unidos e China (LOPES DOS SANTOS, 2020; MAZON, 2014).

A seguir, considerando as legislações, as estruturas legais e as atividades desempenhadas pelos atores envolvidos no processo de gestão dos REEE do Brasil e da metrópole São Paulo são estruturadas proposições para a melhoria dos sistemas que envolvem esses resíduos.

4.1.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE

O Brasil possui ampla legislação ambiental para licenças ambientais e gestão dos resíduos sólidos (CAETANO *et al.,* 2019). A PNRS instituiu a responsabilidade compartilhada na gestão dos resíduos sólidos no país, divergindo de legislações nacionais de outros país inclusive das diretivas europeias que atribuíram a responsabilidade estendida ao produtor (MONTEIRO, 2019). Rodrigues, Boscov e Günther (2020) arguem que o modelo posto é complexo e não atribui com clareza a responsabilidade de cada parte envolvida.

Além disso, as falhas de regulação, fiscalização e controle favorecem a informalidade das operações, que tendem a separar os materiais com melhores preços de mercado e descarta o restante no meio ambiente (PEDRO *et al*., 2021). O tratamento e o descarte inadequado dos REEE causam impactos ao meio ambiente e incorre em riscos à saúde humana. De acordo com Caetano *et al.* (2019) os riscos mais significativos estão relacionados às atividades de triagem, desmonte e transporte dos resíduos eletroeletrônicos.

O Brasil possui legislação nacional específica aos REEE, mas sua devida implementação carece de ações mais efetivas, que deem o tratamento e destinação adequada a esses resíduos (ABALANSA *et al*., 2021; DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; DE OLIVEIRA *et al.,* 2020; GHISOLFI *et al*., 2017; LOPES DOS SANTOS, 2020) e que promovam a inclusão e progresso social dos catadores de recicláveis (FERREIRA; GONÇALVES-DIAS; DE CARVALHO VALLIN, 2019; GHISOLFI *et al*., 2017; XAVIER; VEIT; BERNARDES, 2017). A metrópole de São Paulo, por sua vez, demonstra ter regulamentações e infraestrutura mais avançada que outras regiões do país, porém também apresenta lacunas entre os planos de governo e a realidade de sua implementação (PEDRO *et al*., 2021).

Anna, Machado e De Brito (2015), Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019), Ghisolfi *et al*. (2017) expõem que a legislação nacional incluiu a atuação dos catadores de recicláveis nos sistemas de logística reversa, entre eles os de REEE,

porém dado a complexidade e toxidade desses resíduos faltam ações para a qualificação e a efetiva inclusão desses trabalhadores. Esses autores destacam que tais ações devem estar associadas a outras políticas públicas de combate a vulnerabilidade social presente no país. Mesmo no setor privado a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) encontra dificuldades para a adoção pelas empresas da NBR 16.156 que estabelece os requisitos para atividades de manufatura dos REEE (ANNA; MACHADO; DE BRITO, 2015).

Alves *et al.* (2019), Pedro *et al*. (2021) expõem que os sistemas de reciclagem dos REEE são complexos e envolvem diversos atores que conflitam em princípios e interesses. Há uma dicotomia entre a lógica de mercado e a aplicação dos princípios de sustentabilidade, que se estende do mercado formal ao informal, tanto a nível da metrópole paulistana como a nível Brasil.

Todavia, a gestão adequada dos REEE no país é uma grande oportunidade de formação de um mercado secundário, que pode viabilizar a geração de renda em várias camadas sociais (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020). Os processos que envolvem a reciclagem de materiais no país geram renda a vários grupos sociais, desde catadores, revendedores e recicladores. Muitas vezes a atividade envolve todo o núcleo familiar, até mesmo as crianças (MONTEIRO, 2019). “O mercado de reciclagem tem um enorme potencial de inclusão social para essas pessoas, para as quais as oportunidades têm sido tipicamente escassas ou inexistentes” (FERREIRA; GONÇALVES-DIAS; DE CARVALHO VALLIN, 2019, p. 265).

No Brasil, a PNRS reconheceu a atuação dos catadores de recicláveis e legitimou a atuação das cooperativas e associações de catadores no processo de logística reversa de resíduos e de REEE desde que habilitados (VIEIRA *et al.,* 2020). Conforme o PLANARES (2022) o alto nível de informalidade presente entre os catadores de recicláveis no país dificulta o seu real dimensionamento, mas o governo reconhece a importância socioeconômica dessa atividade informal como forma de amenizar a situação de pobreza extrema e vulnerabilidade social, além de somar às cadeias de suprimento da indústria de reciclagem e reduzir os impactos ambientais pela canalização adequada dos resíduos, sobretudo quando associados às cooperativas de catadores (BRASIL, 2022). Entretanto, o manejo e tratamento dos resíduos, assim como as condições de trabalho são precários em grande parte das cooperativas brasileiras, se limitando ao desmanche e separação dos materiais por processos manuais e com poucos equipamentos de segurança para posterior venda

às empresas recicladoras. Todavia, é crescente a adoção de técnicas de aquecimento e de banhos ácidos para separar metais preciosos dos REEE, como o ouro, pois tem maior valor de mercado (GOUVEIA *et al*., 2019). As parcerias entre o setor empresarial de EEE e formas coletivas de catadores carecem de maior articulação e cooperação entre as partes envolvidas para a qualificação e inclusão dos catadores nos sistemas de logística reversa de REEE no Brasil (ANNA; MACHADO; DE BRITO, 2015, PEDRO *et al*., 2021).

O descarte inadequado e o manejo dos REEE sem equipamentos e técnicas seguras de trabalho são barreiras à gestão dos REEE no Brasil e impactam negativamente o meio ambiente e a saúde humana, além de comprometer as potencialidades desse mercado (ABALANSA *et al*., 2021; DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; DE OLIVEIRA *et al.*, 2020; MONTEIRO, 2019; VIEIRA *et al.,*2020).

Por outro lado, as divergências e insuficiência de dados no que se refere aos REEE se devem ao gigantesco mercado informal de coleta e reciclagem de materiais no país e entravam o fechamento dos ciclos produtivos com o retorno dos materiais à cadeia produtiva (DE OLIVEIRA NETO; SILVA; MACHADO SANTOS, 2019, PEDRO *et al*., 2021, VALENTE *et al*., 2021). Soma-se ao tamanho do mercado informal, a falta de infraestrutura integrada nacional, diferenças tributárias entre os Estados brasileiros e a concentração de indústrias de reciclagem na região sul e sudeste do país, que oneram e dificultam a logística dos REEE aos centros de reciclagem (DE OLIVEIRA NETO; SILVA; MACHADO SANTOS, 2019, VALENTE *et al*., 2021). Ghisolfi *et al*. (2017) e Valente *et al*. (2021) explicam que há poucas empresas recicladoras no país em proporção à geração de REEE e; essas empresas estão concentradas nos grandes centros urbanos tornando muitas vezes a distância entre as cooperativas de reciclagem a essas empresas demasiada longa e cara. Além disso, cooperativas com baixo fluxo de REEE enfrentam obstáculos em realizar acordos com grandes empresas, pois não alcançam poder de barganha. Desta forma, Valente *et al*. (2021) e Vieira *et al*. (2020) argumentam que a implementação de sistemas de logística reversa e responsabilidade compartilhada dos REEE são até o momento vistos como caros no país.

As dificuldades de infraestrutura são em parte resultado da falta de acesso a investimentos e a tecnologias avançadas. De outra parte, não há subsídios financeiros e legais às cooperativas ou associações de catadores seja para sua formalização, qualificação e operacionalização (DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; GHISOLFI *et al*.,

2017; VALENTE *et al*., 2021; VIEIRA *et al*. 2020). Além disso, falta sinergia entre as partes envolvidas (governo, mercado e sociedade) para a implementação de processos de reciclagem em circuito fechado (ALVES *et al.,* 2019; DE ALBUQUERQUE *et al*., 2020; MONTEIRO, 2019; PEDRO *et al*., 2021; VALENTE *et al*., 2021; VIEIRA *et al*. 2020), que associados às fragilidades institucionais de regulação, fiscalização e controle comprometem a responsabilização compartilhada (PEDRO *et al*., 2021, VIEIRA *et al*., 2020). Diante do exposto, o Quadro 32 resume as principais barreiras apontadas pelos estudos à gestão dos REEE no Brasil.

Quadro 32 – Brasil: barreiras à gestão dos REEE

Barreiras	**Autores**
Insuficiência e divergência de dados sobre geração e gestão de REEE	De Oliveira Neto, Silva e Machado Santos (2019), Valente *et al*. (2021), Pedro *et al*. (2021).
Falta de orientação à sociedade para o descarte adequado dos REEE	Xavier, Veit e Bernardes (2017), Monteiro (2019), Pedro *et al*. (2021).
Descarte inadequado dos REEE	Xavier, Veit e Bernardes (2017), Caetano *et al.* (2019), De Oliveira *et al.* (2020), De Albuquerque *et al.* (2020), Vieira *et al.* (2020), Pedro *et al*. (2021).
Condições inadequadas e inseguras no trabalho de coleta e reciclagem dos REEE	Gouveia *et al*. (2019), Caetano *et al.* (2019), De Oliveira *et al.* (2020), De Albuquerque *et al.* (2020), Vieira *et al.* (2020).
Complexidade e periculosidade dos REEE dificultam a reciclagem	Xavier, Veit e Bernardes (2017), Pedro *et al*. (2021).
Complexidade da instituição da responsabilidade compartilhada	Rodrigues, Boscov e Günther (2020). Lopes dos Santos (2020).
Custos altos para a implementação de sistemas de logística reversa e de responsabilidade compartilhada.	Ghisolfi *et al*. (2017), Vieira *et al.* (2020), Valente *et al*. (2021).
Escassez de infraestrutura nacional para implantação de redes de reciclagem	Ghisolfi *et al*. (2017), De Oliveira Neto, Silva e Machado Santos (2019), De Albuquerque *et al.* (2020), Vieira *et al.* (2020), Valente *et al*. (2021).
Carência de empresas recicladoras de REEE	Xavier, Veit e Bernardes (2017), Lopes dos Santos (2020), Valente *et al*. (2021).
Altos custos de logística Concentração dos centros de reciclagem no sul e sudeste do país	Ghisolfi *et al*. (2017), De Oliveira Neto, Silva e Machado Santos (2019), Valente *et al*. (2021).
Tributação diversa entre Estados brasileiros	De Oliveira Neto, Silva e Machado Santos (2019).
Fragilidades institucionais na gestão dos REEE	Ghisolfi *et al*. (2017), Vieira *et al.* (2020), Pedro *et al*. (2021).
Carência de subsídios às cooperativas e associações de catadores	Ghisolfi *et al*. (2017), De Albuquerque *et al.* (2020), Vieira *et al.* (2020), Valente *et al*. (2021).
Baixa qualificação do setor informal e das cooperativas e associações de catadores no tratamento dos REEE	Anna, Machado e De Brito (2015), Xavier, Veit e Bernardes (2017), De Oliveira *et al.* (2020), De Albuquerque *et al.* (2020), Vieira *et al.* (2020),

Baixo poder de barganha de cooperativas de catadores no mercado secundário de materiais	Ghisolfi *et al*. (2017), Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019), Valente *et al*. (2021).
Falta de sinergia e articulação entre as partes envolvidas	Anna, Machado e De Brito (2015), Ghisolfi *et al*. (2017), Monteiro (2019), Alves *et al*. (2019), De Albuquerque *et al.* (2020), Vieira *et al.* (2020), Valente *et al*. (2021), Pedro *et al*. (2021).

Fonte: Autoria própria (2023)

Constata-se que as barreiras à gestão dos REEE no Brasil não se concentram na legislação desta, mas na implementação dela. As dificuldades postas estão relacionadas às fases de implementação e aos atores envolvidos. A falta de articulação e sinergia entre governo, mercado e sociedade, além da limitada infraestrutura nacional física e institucional dificultam a implementação da responsabilidade compartilhada e de sistemas eficazes de logística reversa dos REEE. A sociedade não tem a orientação suficiente em seu papel para o descarte adequado dos REEE. A complexidade e periculosidade dos REEE tornam mais difícil a reciclagem desses resíduos. As cooperativas de catadores, que foram reconhecidas na legislação, permanecem sem subsídios legais, financeiros e operacionais para se estruturarem e serem competitivas no mercado de recicláveis de REEE. Além disso, as dimensões continentais do Brasil encarecem a logística desses resíduos aos centros de reciclagem, concentrados no sudeste e sul do país.

Em contrapartida, estudos sobre REEE propõem ações para a melhoria da gestão desses resíduos no país. Alves *et al.* (2019), Anna, Machado e De Brito (2015), De Albuquerque *et al.* (2020), Lopes Dos Santos e Jacobi (2021), Monteiro (2019) defendem a conscientização da sociedade para o descarte adequado dos REEE e que os centros de pesquisa da academia promovam mais pesquisas para tecnologias avançadas de reciclagem. Pedro *et al*. (2021) justificam que não há muitas alternativas tecnológicas para a reciclagem dos REEE e as esferas de governo em conjunto com as empresas devem financiar estudos em centros de pesquisa para este fim. Monteiro (2019) destaca que embora as mudanças na sociedade sejam lentas, estas são valiosas e perceptíveis nos hábitos do consumidor. O autor explica que o cidadão quando orientado ao consumo sustentável e ao descarte adequado dos REEE, tendo pontos de entrega próximos a sua residência ou trabalho se torna mais participativo desses processos. Alves *et al.* (2019), De Albuquerque *et al.* (2020), Pedro *et al*.

(2021), Xavier, Veit e Bernardes (2017) sustentam que a conscientização da sociedade deva ser priorizada através da educação ambiental nas escolas do país.

Xavier, Veit e Bernardes (2017) expõem que as esferas de governo federal, estadual e municipal atuam na gestão dos resíduos, porém compete a administração municipal os atos de gerenciamento do manejo e tratamento dos resíduos. Assim sendo, Alves *et al.* (2019), De Oliveira *et al.* (2020) sugerem que os governos municipais podem protagonizar ações para a melhoria da gestão dos REEE, promovendo campanhas de conscientização da população ao descarte adequado dos REEE e atuar no mercado informal da coleta e reciclagem de materiais com programas que visem a qualificação e segurança do trabalho, majorarando as oportunidades de geração de renda pelos catadores e cooperativas.

Alves *et al.* (2019), Valente *et al*. (2021) e Wahrlich *et al*. (2017) propõem que as administrações públicas locais incentivem a formação de associações e cooperativas de reciclagem e; forneçam subsídios e parcerias para a instalação de empresas recicladoras na cidade. As administrações municipais podem ainda firmar acordos intermunicipais a fim de viabilizar a reciclagem em âmbito regional com ganho de escala. Valente *et al*. (2021) defendem que os municípios integrem os REEE na coleta seletiva já existente, mas de outra parte, Rodrigues, Boscov e Günther (2020) alegam que dado a periculosidade dos REEE, o descarte deva ser realizado de forma isolada da coleta seletiva.

De Oliveira *et al.* (2020), Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019) exemplificam o êxito de ações locais com o sucesso do projeto Eco-Eletro desenvolvido na região metropolitana de São Paulo, na qual mais de 60 cooperativas participaram de treinamentos para a recuperação de materiais dos REEE na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Essas cooperativas, com a qualificação, conseguiram elevar o faturamento por quilo de REEE em 900%.

Além disso, a Universidade de São Paulo (USP), em 2009, instalou o Centro de Descarte e Reuso de Gestão Ambiental (Cedir). No local são recebidos REEE, em especial de informática, que após um processo de triagem são recuperados para o reuso em projetos assistenciais, ou encaminhados para a reciclagem, ou para a logística reversa aos fabricantes (GIESE *et al.*, 2021; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2021, *online*). Na mesma linha, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), alinhada aos princípios da sustentabilidade, desde 2012 desenvolve com acadêmicos de informática em parcerias com empresas e governos municipais o

projeto UTFPRecicla, no qual recuperam computadores usados e os destinam às instituições de ensino e de assistência, promovendo a inclusão digital e social (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2021, *online*). Já na cidade de Recife se amplia o mercado de brechós de EEE em que são comercializados equipamentos usados entre a população (CAETANO *et al.,* 2019).

Anna, Machado e De Brito (2015), Pedro *et al*. (2021) apresentam que parcerias isoladas são valiosas, mas não suficientes para a estruturação e consolidação do mercado secundário de materiais, sendo primordial a articulação estatal com todos os atores envolvidos.

Por outro lado, Ghisolfi *et al*. (2017) apontam para a formação de redes de cooperativas de catadores com o objetivo de ampliar o poder de barganha na concorrência de mercado com empresas privadas. Esses autores reforçam que as cooperativas de catadores necessitam se tornar economicamente viáveis, pois senão pode-se verificar o caminho inverso das atividades formalizadas para à informalidade dos trabalhos.

Lopes Dos Santos e Jacobi (2021), Monteiro (2019), Pedro *et al*. (2021), Wahrlich *et al*. (2017) concluem que é necessário construir sinergia entre as partes envolvidas do mercado (produtores, distribuidores e comerciantes) com o governo e a sociedade. Anna, Machado e De Brito (2015), Pedro *et al*. (2021) argumentam que é preciso maior participação do Estado em todas as esferas de governo fomentando práticas de logística reversa e articulando ações com e entre o setor empresarial, instituições de ensino e pesquisa e a sociedade civil. Esses autores destacam que sucessos de redes de logística reversa são estruturados pela parceria entre as partes envolvidas. Em síntese, o Quadro 33 reúne as proposições abordadas pelos recentes estudos à melhoria da gestão dos REEE no Brasil.

Quadro 33 – Brasil: proposições à gestão dos REEE

Proposições	Autores
Conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE	Anna, Machado e De Brito (2015), Xavier, Veit e Bernardes (2017), Ghisolfi *et al*. (2017), Wahrlich *et al*. (2017), Alves *et al.* (2019), Monteiro (2019), De Oliveira *et al.* (2020), De Albuquerque *et al*. (2020), Lopes Dos Santos e Jacobi (2021).
Educação ambiental nas escolas	Alves *et al.* (2019), De Albuquerque *et al.* (2020), Pedro *et al*. (2021).
Pesquisas para tecnologias alternativas de reciclagem	Anna, Machado e De Brito (2015), Ghisolfi *et al*. (2017), De Albuquerque *et al.* (2020), Lopes dos Santos (2020), Pedro *et al*. (2021).
Programas de capacitação continuada ao setor público e privado sobre REEE	Anna, Machado e De Brito (2015), Xavier, Veit e Bernardes (2017).
Capacitação dos catadores e das cooperativas e associações de catadores	Anna, Machado e De Brito (2015), Ghisolfi *et al*. (2017), Xavier, Veit e Bernardes (2017), Ghisolfi *et al*. (2017), Alves *et al.* (2019), Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019), De Oliveira *et al.* (2020).
Subsídios financeiros, legais e operacionais às cooperativas e associações de catadores	Ghisolfi *et al*. (2017), Alves *et al.* (2019), De Oliveira *et al.* (2020)
Incentivo a formação de redes de cooperativas de catadores	Ghisolfi *et al*. (2017).
Diálogo mais proeminente sobre REEE entre governo, mercado e sociedade, atuando com maior sinergia e parcerias na gestão desses resíduos	Anna, Machado e De Brito (2015), Xavier, Veit e Bernardes (2017), Ghisolfi *et al*. (2017), Wahrlich *et al*. (2017), Alves *et al.* (2019), Monteiro (2019), De Albuquerque *et al.* (2020), Pedro *et al*. (2021), Lopes Dos Santos e Jacobi (2021).

Fonte: Autoria própria (2023)

Percebe-se que as proposições são interligadas e dependem de maior sinergia e articulação entre os atores, associada à promoção de pesquisas sobre tecnologias alternativas de reciclagem. São necessários esforços e recursos em ações de conscientização da sociedade, alcançada também pela educação ambiental nas escolas e pela capacitação das partes envolvidas, em especial dos catadores e suas formas coletivas. Para esse grupo de atores é preciso subsídios a fim de habilitá-los ao mercado de reciclagem dos REEE.

Abalansa *et al.* (2021) argumentam que há opções de gestão de REEE para minorar o impacto ambiental e à saúde humana como a aplicação do conceito da economia circular e da mineração urbana, em paralelo às políticas públicas que reduzam disparidades de receitas entre o topo dos grandes recicladores e a base da hierarquia da reciclagem. Esses autores ressaltam que é preciso que os países desenvolvidos auxiliem os países em desenvolvimento nesses processos em vez de

somente exportarem o lixo eletrônico para esses países, onde se somam à geração interna de REEE. Em adição, Lopes dos Santos (2020) argumenta que a implementação da economia circular depende dos esforços dos atores envolvidos na cadeia de reciclagem dos REEE, tanto na metrópole São Paulo como em todo o Brasil, viabilizando o fechamento dos ciclos de reciclagem no território brasileiro, avançando em regulamentações específicas, coletas eficientes e tecnologias apropriadas.

O governo municipal de São Paulo demonstra que é possível as cidades desempenharem um maior protagonismo na gestão dos REEE, atuando na articulação e responsabilização das partes envolvidas com a conscientização da população e regulamentação da logística reversa em harmonia com a PNRS e planos estaduais. Além disso, atuam na qualificação e inclusão dos catadores informais e cooperados, seja por iniciativas próprias ou em parcerias com instituições de ensino e organizações não governamentais. O êxito de políticas e ações relacionadas aos EEE e seus resíduos apontam para a construção de uma governança participativa, na qual todas as partes envolvidas dialogam e negociam sobre os rumos e decisões a serem tomadas.

Por fim, observa-se escassez de medidas legais e operacionais ligadas à redução da geração de REEE, com ações alinhadas aos princípios da economia circular e pouco se relaciona a melhoria de projetos de *design* e produção de EEE mais sustentáveis, mesmo com a questão latente do Brasil e da metrópole São Paulo figurarem entre os maiores geradores de REEE do mundo.

4.2 Estudo de caso China

A China com uma população de 1,41 bilhões de habitantes em uma área territorial de 9.600,01 mil/km² é a segunda maior economia do mundo com um Produto Interno Bruto (PIB) de 17,73 trilhões (US$), seguindo os Estados Unidos com 22,99 trilhões (US$) em 2021. Nas últimas décadas é a economia que apresentou os maiores percentuais de evolução do PIB. Entre 2010 e 2019 a China registrou aumentos anuais do PIB entre 5,95% e 10,63%, enquanto os Estados Unidos cresceram entre 1,55% e 2,99%. Em 2020, com as economias globais afetadas pela pandemia Covid 19, enquanto os Estados Unidos apresentaram decréscimo de -3,5% no PIB a China cresceu 2,3%. Os crescimentos anuais e constantes do PIB chinês refletiram no PIB *per capita*, sobretudo a partir dos anos de 1990, saltando de US$

317,88 em 1990 para US$ 12.556,30 em 2021, ultrapassando a Rússia e se tornando o país com o maior PIB *per capita* do BRICS (WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

A China desempenha papéis fundamentais no mercado global de eletroeletrônicos. O país figura entre os maiores produtores de EEE e possui o maior mercado consumidor interno dado ao tamanho de sua população e em ascensão de renda, porém é o maior gerador global de REEE (FORTI *et al.,* 2020). Segundo Li e Lu (2021) o mercado de eletrônicos em 2019 faturou 126 bilhões de dólares e conforme Forti *et al.* (2020), no mesmo ano, a China gerou 10.129 kt de REEE seguido pelos Estados Unidos com 6.198 kt. Entretanto, a geração per capita de REEE da China em 2019 foi de 7,2kg, enquanto dos Estados Unidos foi de 21kg. Li e Lu (2021) acrescentam que em 2018 foram descartados cerca de 150 milhões de unidades entre televisores, refrigeradores, condicionadores de ar, máquinas de lavar e computadores. Estima-se que somente 50 a 60% são descartados de forma adequada.

De acordo com Forti *et al.* (2020) a China vem adotando políticas públicas importantes para frear a geração de REEE e promover a reutilização e reciclagem dos REEE. A taxa de reciclagem de REEE é de cerca de 15% operacionalizado por redes formais e informais. A ampliação de regulamentações acerca do resíduo eletroeletrônico e de instalações para a reciclagem vem contribuindo para o avanço da formalização das atividades de reciclagem, que segundo o Ministério da Ecologia e Meio Ambiente da China e relatado em Forti *et al.* (2020) são responsáveis pelo tratamento anual de mais de 70 milhões de unidades de REEE A legislação nacional atua prioritariamente sobre os resíduos de equipamentos de informática, vídeo e som, refrigeração, aquecimento e máquinas de lavar.

Com o aumento do volume de REEE de 3 a 5% ao ano (LIU *et al*., 2021), a China tem o objetivo de até 2025 reciclar 50% dos REEE dos equipamentos prioritários e suprir 20% das matérias-primas necessárias nas cadeias produtivas de EEE com materiais remanufaturados. Para tal, as grandes empresas de eletrônicos também possuem metas individuais de reciclagem e uso de materiais secundários (WORLD ECONOMIC FORUM, 2018).

O governo nacional chinês está comprometido com a reciclagem dos materiais e a incorpora na estratégia nacional de transição para a economia circular, reintroduzindo materiais secundários nas cadeias produtivas para reduzir a pressão sobre a exploração de recursos naturais e dos impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Para esse fim, vem instituindo um conjunto de legislações que promovam as

mudanças necessárias na economia do país (FAN; FANG, 2020; GUO *et al*., 2017; MCDOWALL *et al*., 2017). A seção a seguir descreve as principais legislações relacionadas aos REEE adotadas pela China continental.

4.2.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE

A partir dos anos 2000, inspirada nas diretivas da União Europeia e orientações das Nações Unidas, a China intensificou a promulgação de leis e regulamentos que promovam a transição para a economia circular, abrangendo medidas sobre a geração e gestão dos REEE. Todavia, anteriormente a essa data o governo central já legislava sobre a maximização dos recursos, ciclo de vida e gestão dos resíduos (CUI; ZHANG, 2018; ZHU *et al*., 2018).

De acordo com Zhu *et al*. (2018) a China apresenta, ao longo das últimas décadas, quatro linhas de orientação de políticas que se relacionarão à economia circular e a gestão dos REEE: políticas orientadas aos recursos, à produção, aos resíduos e ao uso e ciclo de vida. A aplicação de políticas orientadas aos recursos se espelha em medidas tomadas pela então União Soviética na década de 1950 de maximização dos recursos com menor geração de resíduos, com o objetivo de promover uma industrialização acelerada com disponibilidade limitada de recursos. As políticas orientadas à produção foram inseridas nos anos de 1990 sob influência das Nações Unidas sobre a produção mais limpa, na qual se busca melhorar a eficiência produtiva e o desempenho ambiental, reduzindo o uso de recursos e de emissão de poluidores. Nessa linha, o governo chinês investe na formação de eco parques industriais. As políticas orientadas aos resíduos foram implementadas com maior abrangência a partir dos anos de 1970, sendo que as medidas mais recentes se baseiam nas diretivas da economia circular da União Europeia. Essas políticas primeiro trataram dos resíduos perigosos e depois avançaram para outras categorias de resíduos sólidos. As políticas orientadas ao uso e ciclo de vida instituídas a partir dos anos 2000 englobam políticas como a instituição da responsabilidade estendida ao produtor, onde se regula o comportamento do produtor orientada ao consumo, agindo sobre o *design* do produto e seu ciclo de vida.

Nesse contexto, o país aderiu a Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e Seu Descarte em 1990 e em 1999 se adequou a ratificação da referida Convenção. A lei nacional sobre a

Prevenção e Controle Da Poluição Ambiental Por Resíduos Sólidos foi instituída em 1995, sendo atualizada em 2004, 2016 e 2020. Através dessa lei e de suas revisões a China foi restringindo e proibindo a importação de resíduos sólidos, entre eles os REEE (GHOSH *et al*. 2016; THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2021, *online*).

Em complemento, a partir de 2013, a China aplicou operações de controle e restrição às importações de resíduos sólidos até a sua total proibição em 1º de janeiro de 2021 (TRAN; GOTO; MATSUDA, 2021). A operação Green Fence foi executada entre 01 de fevereiro de 2013 a 30 de novembro de 2013 e teve por objetivo coibir o comércio ilegal e garantir os níveis de qualidade dos resíduos sólidos importados previstas em lei. Nessa operação os *containers* de importação foram inspecionados a fim de verificar se os materiais neles contidos se enquadravam dentro do limite permitido de 1,5% de substâncias perigosas por peso. Em paralelo, a operação visava a redução dos custos da reciclagem interna e dos impactos ambientais (BALKEVICIUS; SANCTUARY; ZVIRBLYTE, 2020; TRAN; GOTO; MATSUDA, 2021). Na sequência, a operação National Sword executada entre 01 de fevereiro de 2017 a 30 de novembro de 2017 reduziu o limite permitido por peso de substâncias perigosas para 0,5% nos resíduos sólidos importados e determinou a proibição de importação de 24 tipos de resíduos sólidos. Com essa medida buscou-se também substituir os resíduos importados por materiais secundários internos. Em 2018, entre março e dezembro, o governo central chinês realizou a operação Blue Sky, em continuação as operações de restrição à importação de resíduos sólidos, que foram concluídas com a revisão da lei Prevenção e Controle Da Poluição Ambiental Por Resíduos Sólidos descrita acima, estabelecendo a gradual importação zero de resíduos sólidos até janeiro de 2021. Essas medidas alteraram abruptamente as rotas e o comércio internacional de resíduos sólidos, pois a China era o maior importador mundial de resíduos (TRAN; GOTO; MATSUDA, 2021). Para a efetividade dessas medidas, Ryter *et al.* (2021) acrescentam que em 2017 o governo chinês instituiu o Plano de Implantação de Proibição de Entrada de Resíduo Estrangeiro e promoveu a reforma do Sistema Administrativo de Importação de Resíduos Sólidos.

No contexto dos REEE, em 26 de janeiro de 2000, o governo nacional através da Administração Estatal de Proteção Ambiental (órgão anterior ao Ministério de Proteção Ambiental), do Ministério de Comércio Exterior e Cooperação Econômica e da Administração Estatal para Inspeções de Entrada/Saída e Quarentena e Alfândega

da China expedirão o documento Aviso sobre a Importação de Resíduos da 7ª Categoria sob as Disposições Provisórias sobre Importação de Resíduos e Proteção Ambiental, no qual proíbem a importação de sucata de computadores e monitores entre outros REEE. A lista de proibição de importação logo se estendeu a mais de quarenta categorias de REEE como televisores, refrigeradores, monitores, micro-ondas, condicionadores de ar e resíduos de equipamentos médicos (CHUNG; ZHANG, 2011).

O arcabouço legal chinês pertinente aos equipamentos eletroeletrônicos e seus resíduos está fundamentado em leis nacionais mais genéricas, que se relacionam com regulamentos e instrumentos técnicos e administrativos específicos aos REEE (CHUNG; ZHANG, 2011; ZHOU; XU, 2012). Esses autores destacam três leis nacionais: (i) Lei da promoção da produção mais limpa, instituída em 2002 e operacionalizada a partir de 26 de agosto de 2003, visa estimular o *ecodesign* e determina a substituição de materiais perigosos nos sistemas produtivos por materiais com menor ou nenhuma periculosidade ao meio ambiente. (ii) Lei da prevenção e controle da poluição do meio ambiente por resíduos sólidos, instituída em 1995 e revisada em 2004, 2016 e 2020 incorporou o princípio dos 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar) e do poluidor-pagador no controle da poluição de resíduos sólidos e estabeleceu regras para o *ecodesign* e da divulgação ao mercado das informações das substâncias contidas nos equipamentos eletrônicos, além de estimular sistemas de reciclagem multivariados; (iii) Lei da promoção da economia circular, instituída em 2008 e aplicada a partir de 1º de janeiro de 2009, determina os princípios orientadores de redução, reutilização e reciclagem de resíduos em toda cadeia de valor da economia. Essas leis servem de base a outros instrumentos legais que regulam a geração e gestão dos REEE, incluindo a questão da importação desses materiais e; fazem parte das estratégias de desenvolvimento da China, que objetivam sistemas produtivos e produtos sustentáveis, com prevenção e controle da poluição na transição para a economia circular.

Em 28 de fevereiro de 2006 o governo nacional emitiu a Medida de Gestão para a Prevenção da Poluição por Produtos Eletrônicos de Informação para aplicação a partir de 01 de março de 2007. A regulamentação ficou conhecida como **China *RoHS***. A *Restriction of Certain Hazardous Substances* (RoHS) é uma diretiva da União Europeia de restrições a certas substâncias perigosas nos processos produtivos, na importação e distribuição. Na China, o regulamento objetiva conter a poluição advinda

da importação, produção e comercialização de equipamentos eletrônicos de informação, como computadores, impressoras e telefones (CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH *et al*. 2016; ZHOU; XU, 2012). Chung e Zhang (2011), Zhou e Xu (2012) evidenciam três pontos dessa medida: (i) reconhece que o *design* sustentável dos produtos eletrônicos é fundamental para reduzir os impactos ao meio ambiente e à saúde humana; (ii) classifica as substâncias perigosas como o chumbo, mercúrio, cádmio, cromo entre outros e limita seu uso nos EEE; (iii) estabelece a data de validade ambiental, cujo prazo fixado pelos fabricantes indica o tempo em que as substâncias utilizadas na fabricação dos EEE permanecem estáveis e não causam danos ambientais e ao usuário. Em complemento, o Ministério da Indústria e da Tecnologia da Informação criou a certificação ambiental para os materiais verdes, ou seja, ambientalmente seguros e sustentáveis, assim como os órgãos governamentais são incentivados a adquirir EEE sustentáveis.

A diretiva REEE da China (China WEEE) que é o Regulamento para a Administração da Recuperação e Eliminação de Resíduos de Produtos Elétricos e Eletrônicos foi promulgada em 25 de fevereiro de 2009 pelo Conselho Estatal da China e entrou em vigor a partir de 01 de janeiro de 2011. A Diretiva REEE da China estabelece as diretrizes de gestão do REEE para o país como a Responsabilidade Estendida ao Produtor, institui o fundo nacional que subsidia a coleta e reciclagem dos resíduos e determina que as atividades de coleta e tratamento dos REEE devam ser licenciadas pelos órgãos governamentais competentes. Em seu Art. 7º, a diretiva impute a responsabilização financeira aos produtores e importadores de EEE que devem pagar uma taxação ao fundo nacional de reciclagem. Esse fundo tem o propósito de subsidiar as atividades das empresas recicladoras certificadas, tornando as instalações de reciclagem mais seguras e adequadas aos trabalhos de manuseio e tratamento dos REEE (CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH *et al*. 2016; HOU *et al.,* 2020; ZENG *et al*., 2017; ZHOU; XU, 2012). As empresas produtoras de EEE, assim como as importadoras desses equipamentos pagam uma taxa ao fundo nacional de reciclagem por cada unidade produzida ou importada. A administração geral do fundo cabe ao Ministério das Finanças, que gerencia a coleta e destinação dos recursos, enquanto o Ministério da Proteção Ambiental regula os aspectos técnicos relacionado à aplicação dos subsídios como a definição dos critérios para certificação das recicladoras e análise dos dados recebidos das recicladoras para o pleito dos subsídios (LIU, 2014). Os Art. 5º e 6º clarificam que a coleta de REEE deve ser

realizada por múltiplas formas, mas o tratamento destes resíduos deve ser efetuado em centros qualificados e legalizados. O Art. 12º estipula que os materiais secundários inseridos no mercado devem ser rotulados com as informações da remanufatura (CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH *et al*. 2016; HOU *et al.,* 2020; ZHOU; XU, 2012). Essa regulamentação oportuniza que recicladores licenciados possam ter acesso ao subsídio do fundo para as atividades de reciclagem de REEE. Para tal, auditores independentes realizam visitas de inspeção regulares às recicladoras, verificando se os processos e as instalações estão adequados e seguros, comunicando às autoridades competentes a elegibilidade do estabelecimento ao fundo de reciclagem (GHOSH *et al*. 2016).

Inicialmente, o catálogo de EEE listado na diretiva REEE da China se referia a cinco classes de REEE: televisores, computadores, refrigeradores, condicionadores de ar e máquinas de lavar, que foram revisadas em 2014 e divulgadas em 9 de fevereiro de 2015, ampliando o número de categorias. O Catálogo de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos para Descarte (Edição 2014) contempla as seguintes categorias de EEE: refrigeradores e condicionadores de ar, coifas, máquinas de lavar, aquecedores de água, televisores, celulares e telefones, computadores, monitores, impressoras, fotocopiadoras, impressoras e aparelhos de fax (GHOSH *et al*. 2016; ZENG et al., 2017).

Outro regulamento nacional relacionado aos REEE é a Medida de Gestão para a Prevenção da Poluição Ambiental por Resíduos Elétricos e Eletrônicos denominada de Medida de Gestão REEE da China, instituída em setembro de 2007 e aplicada a partir de 01 fevereiro de 2008. Esse instrumento legal tem a finalidade de regular as instalações de manuseio, tratamento e reciclagem dos REEE, determinando que todos os estabelecimentos que operem com REEE tenham uma avaliação técnica de impacto ambiental, estejam registradas nos órgãos distritais ou superiores de proteção ambiental, contenham planos de redução da poluição aprovados pelas autoridades competentes e monitorem suas emissões periodicamente. Por meio das normas desse regulamento são gerados outros três instrumentos de gestão de equipamentos eletrônicos de informação: (i) marcação de controle da poluição gerada; (ii) métodos de teste de presença de substâncias perigosas e; (iii) requisitos para limites de concentração de substâncias perigosas (CHUNG; ZHANG, 2011; ZHOU; XU, 2012). Esses autores ressaltam que nem todos os estabelecimentos estão autorizados a manusear, tratar e reciclar REEE, mas estes

devem registrar a fonte dos seus resíduos e com quais REEE operam. Além disso, a Medida de Gestão REEE regula que os estabelecimentos podem armazenar REEE para reciclagem ou tratamento pelo período máximo de um ano e proíbem o descarte direto dos resíduos em aterros, a queima destes em áreas abertas e a utilização de banhos de ácido bruto.

Além da Medida de Gestão REEE da China o governo nacional emprega o documento de acompanhamento Medidas de Gestão para Qualificação de Instalações de Tratamento de Resíduos Eletrônicos, intitulado como Medidas de Gestão de Qualificação, que foi instituído em 01 de janeiro de 2011 e visa o monitoramento das instalações de reciclagem de REEE. Esse instrumento determina que os estabelecimentos aprovados para reciclar REEE devem ter programas estruturados de manutenção da qualificação com respectivos monitoramentos regulares. Por outro lado, o Art. 3º do regulamento prevê que os órgãos públicos de proteção ambiental locais devem elaborar e executar planejamentos quinquenais para a gestão dos REEE e conforme o Art. 9º inspecionar os estabelecimentos de reciclagem a cada seis meses, verificando a emissão de poluentes. O Art. 7º define os requisitos essenciais ao funcionamento dos estabelecimentos de reciclagem de REEE como: pessoal qualificado a desempenhar as atividades com qualidade e segurança, planos de gestão ambiental e instalações físicas que contribuam na redução da poluição e possibilitem a categorização das atividades (separação, classificação, prensamento e armazenamento).

Em síntese, o Quadro 34 lista as principais legislações de abrangência nacional relacionadas aos REEE aplicados na China e o Quadro 35 apresenta a função das estruturas institucionais por nível de abrangência alinhadas às políticas de promoção da economia circular e a gestão de REEE.

Quadro 34 – China: legislação nacional

Legislação	Objetivos
Convenção da Basiléia - 1990 Acordo internacional multilateral	Adoção à Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e Seu Descarte e a sua ratificação.
Lei de prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos – 1995, 2004, 2016, 2020.	Institui a legislação nacional para a prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos, Institui o princípio do 3Rs e do poluidor-pagador no controle da poluição de resíduos sólidos. Regula o *ecodesign* e a divulgação das informações dos EEE. Incentiva a reciclagem multivariada. Estabelece restrições à importação de resíduos sólidos.

Lei da promoção da produção mais limpa - 2002	Determina a substituição de materiais perigosos nos processos produtivos por menor ou nenhuma periculosidade. Incentiva a aplicação do *ecodesign*.
Lei de promoção da economia circular - 2008	Estabelece os princípios orientadores de redução, reutilização e reciclagem de resíduos em toda cadeia de valor da economia

Fonte: Chung e Zhang (2011), Zhou e Xu (2012), Ghosh *et al*. (2016), Zhu et al. (2018), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Tran, Goto e Matsuda (2021), Abalansa et al. (2021), The State Council of The People's Republic of China (2021)

Quadro 35 – China: estruturas legais

Estruturas legais	Nível	Função
Conselho de Estado (State Council)	Nacional	Estabelecer as regras gerais, regulamentos, planos e programas
Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (National Development and Reform Commission – NDRC)	Nacional	Detalhar as regulações e sua evoluções. Planejar o desenvolvimento industrial e recomendar inovações tecnológicas necessárias. Coordenar a implementação e avaliação de programas-piloto de reciclagem nas cidades, mineração urbana, eco parques industriais e de educação relativas ao tema. Regular o fundo nacional de reciclagem.
Ministério da Industria e Tecnologia da Informação (Ministry of Industry and Information Technology - MIIT)	Nacional	Regulação da responsabilidade estendida ao produtor. Promover a utilização de tecnologias de reaproveitamento de resíduos e de recursos com máxima eficiência e menor impacto ambiental. Coordenar a implementação e avaliação de programas-piloto de reaproveitamento de resíduos, industrialização, tecnologia prioritárias e da responsabilidade estendida ao produtor. Regular o uso de substâncias perigosas nos EEE. Promover a aplicação do *ecodesign,* do princípio dos 3Rs e da divulgação das informações dos EEE.
Ministério da Proteção Ambiental da China (Ministry of Environmental Protection of China – MEP)	Nacional	Padronizar os sistemas de produção mais limpa, proteção ambiental e dos eco parques industriais. Promover o *ecodesign*, a produção mais limpa e do princípio dos 3Rs. Determinar quais resíduos sólidos podem ser usados como matérias-primas e definir se a sua importação é proibida, restrita ou de licenciamento automático. Regulamentar as atividades e instalações de manuseio e tratamento dos REEE. Regular os critérios de análise para a aplicação dos subsídios do fundo nacional de reciclagem.
Ministério da Ciência e Tecnologia (Ministry of Science and Technology - MOST)	Nacional	Estabelecer e implementar plano de apoio às tecnologias de economia circular. Promover o *ecodesign*, o princípio dos 3Rs e sistemas de reciclagem multivariado.
Ministério do Comércio (The Ministry of Commerce – MOFCOM)	Nacional	Estimular a inovação tecnológica sustentável dos sistemas de reciclagem de recursos renováveis. Certificação de qualidade às empresas de reciclagem.
Ministério das Finanças (Ministery of Finance)	Nacional	Gerir a política fiscal. Administração geral do fundo nacional de reciclagem.
Órgãos Provinciais e Municipais	Províncias Municipal	Implementação das políticas nacionais.

		Fiscalização e licenciamento ambiental das instalações de manuseio e tratamento dos REEE.

Fonte: Chung e Zhang (2011), Zhou e Xu (2012), Liu (2014), Ghosh *et al*. (2016), Zhu *et al.* (2018), Abalansa et al. (2021), The State Council of The People's Republic of China (2021)

Observa-se pelo Quadro 34 que a China ao adotar políticas para o controle da poluição por resíduos sólidos as associou com medidas de prevenção de geração de resíduos. Em um primeiro momento estiveram focados na maximização dos recursos disponíveis e não tanto nos cuidados com o meio ambiente e a saúde humana. Essas medidas foram revisadas ao longo do tempo e incluíram a restrição gradual até a proibição da importação dos resíduos sólidos, dentre esses os REEE. Na sequência, empregou as diretivas e orientações internacionais da produção mais limpa e da economia circular como estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável. Essas leis servem de base a outras regulamentações específicas de cada setor, como da produção de EEE e gestão dos REEE.

No Quadro 35 verifica-se que a formatação e implementação dessas políticas são estabelecidas em linhas gerais pelo Conselho de Estado da República Popular da China, que atribui responsabilidades aos Ministérios e aos órgãos provinciais e locais, coordenando suas ações. Segundo Zhu *et al.* (2018), o Conselho de Estado utiliza prioritariamente três ministérios para implantar a estratégia nacional atual de transição para a economia circular, que abrange medidas específicas de geração e gestão de REEE: (i) Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, que define os regulamentos, desenvolve os planejamentos, estabelece os critérios de avaliação e direciona as inovações tecnológicas necessárias; (ii) Ministério da Industria e Tecnologia da Informação, que conduz as políticas orientadas aos recursos e da responsabilidade estendida ao produtor; (iii) Ministério da Proteção Ambiental da China, que regulamenta os sistemas de produção mais limpa e os eco parques industriais. Além disso, os três ministérios coordenam projetos piloto para reciclagem de resíduos nas cidades, remanufatura de materiais e promoção de sistemas circulares. Em adição, o Ministério da Ciência e Tecnologia, do Comércio e das Finanças atuam em atividades de apoio às políticas descritas. Contudo, esses autores destacam em Zhu *et al.* (2018, p. 114) que "embora as políticas e programas sejam estabelecidos por essas agências de nível nacional, a implementação das políticas depende de suas contrapartes provinciais e locais."

O Quadro 36, por sua vez, relaciona os principais instrumentos legais e de conformidade para a gestão dos resíduos sólidos relacionados aos REEE, citando o ano de sua instituição.

Quadro 36 – China: instrumentos legais e de conformidade

Instrumentos Legais e de Conformidade	**Função**
Disposições sobre Importação de Resíduos e Proteção Ambiental - 2000	Proíbe a importação de determinadas categorias de REEE como televisores, refrigeradores, monitores, micro-ondas, condicionadores de ar e resíduos de equipamentos médicos
China RoHS – Medida de Gestão para a Prevenção da Poluição por Produtos Eletrônicos de Informação - 2006	Define medidas para conter a poluição advinda da importação, produção e comercialização de equipamentos eletrônicos de informação.
Gestão de reciclagem de recursos renováveis - 2007	Incentiva a inovação tecnológica que vise a reciclagem ecológica de recursos renováveis. Estabelece a certificação de qualidade às empresas recicladoras.
Medida de Gestão REEE - Medida de Gestão para a Prevenção da Poluição Ambiental por Resíduos Elétricos e Eletrônicos - 2008	Regula as atividades e instalações de manuseio, tratamento e reciclagem dos REEE.
Catálogo de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos para Descarte – 2009 e 2014.	Determina que produtores de EEE listados no catálogo devem pagar taxas ao fundo nacional de reciclagem.
Diretiva REEE - Regulamento para a Administração da Recuperação e Eliminação de Resíduos de Produtos Elétricos e Eletrônicos - 2009	Institui a estratégia de gestão da Responsabilidade Estendida ao Produtor. Cria o fundo que subsidia as atividades de coleta e tratamento dos REEE. Estabelece que o exercício da coleta e reciclagem de REEE devem ser licenciadas pelos órgãos governamentais competentes.
Medidas de Gestão de Qualificação - Medidas de Gestão para Qualificação de Instalações de Tratamento de Resíduos Eletrônicos - 2011	Atribui responsabilidade de gestão dos REEE aos órgãos locais de proteção ambiental. Estabelece medidas de monitoramento das instalações de reciclagem de REEE: controle da poluição gerada, métodos de testes e de requisitos para limites de concentração de substâncias perigosas.
Green Fence – 01/02/2013 a 30/11/2013	Interromper as importações ilegais de resíduos. Assegurar a qualidade dos resíduos sólidos importados mantendo os limites de concentração de substâncias perigosas por peso em 1,5%. Redução dos custos da reciclagem interna e dos níveis de poluição.
National Sword – 01/02/2017 a 30/11/2017 Blue Sky 2018 – 01/03/2018 a 30/12/2018	Restringir a importação de resíduos sólidos com substâncias perigosas por peso acima de 0,5%. Substituir os resíduos importados por materiais secundários internos e reduzir os impactos ambientais.
Plano de Implantação de Proibição de Entrada de Resíduo Estrangeiro - 2017	Restringir de forma gradual a importação de resíduos sólidos até a sua importação zero em vigor a partir de 1º de janeiro de 2021.

Fonte: Chung e Zhang (2011), Zhou e Xu (2012), Ghosh *et al*. (2016), Zhu *et al.* (2018), Zeng *et al*. (2017), Yan *et al.* (2020), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Abalansa *et al*. (2021), Tran, Goto e Matsuda (2021), The State Council of The People's Republic Of China (2021)

Identifica-se no Quadro 36 que políticas mais específicas para os resíduos eletroeletrônicos foram instauradas na China a partir dos anos 2000, quando o país iniciou as restrições à importação desses resíduos até a sua total proibição a partir de 2021. Para tal, o governo nacional chinês executou operações concentradas em 2013, 2017 e 2018 (Green Fence, National Sword e Blue Sky) de inspeções mais rígidas nas importações de resíduos sólidos e estabeleceu um plano gradual de restrições de importações de 2017 a 2021.

O país também instituiu regulamentações específicas aos resíduos eletroeletrônicos como a China RoHS em 2006, concentrada nos resíduos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Em 2008 e 2009 a China estabeleceu normas para a prevenção e gestão dos REEE. A Diretiva REEE chinesa instaurou a responsabilidade estendida ao produtor, criou o fundo nacional de reciclagem para subsidiar as atividades de reciclagem e regulou essas atividades.

Percebe-se que as legislações e demais instrumentos legais acerca dos REEE estão embasados na estratégia nacional de promoção da economia circular para o desenvolvimento sustentável, englobando ações que visem sistemas produtivos mais ecológicos e circulares, maximização do uso dos recursos e redução de resíduos e poluição. Nota-se que essas regulações são expedidas e centralizadas pelo governo nacional chinês, através do seu Conselho de Estado, que atribui responsabilidades as esferas de governo e as demais partes envolvidas.

4.2.2 Atores nos processos inerentes aos REEE

As partes envolvidas nos processos relacionados aos REEE na China continental são agrupados em três categorias: (i) governo; (ii) mercado e (iii) sociedade seguindo a classificação de Monteiro (2019) e Vieira *et al.* (2020), que são apresentados no Quadro 37 e Figura 31 com suas respectivas funções na cadeia de valor dos resíduos eletroeletrônicos.

Quadro 37 – China: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE[10]

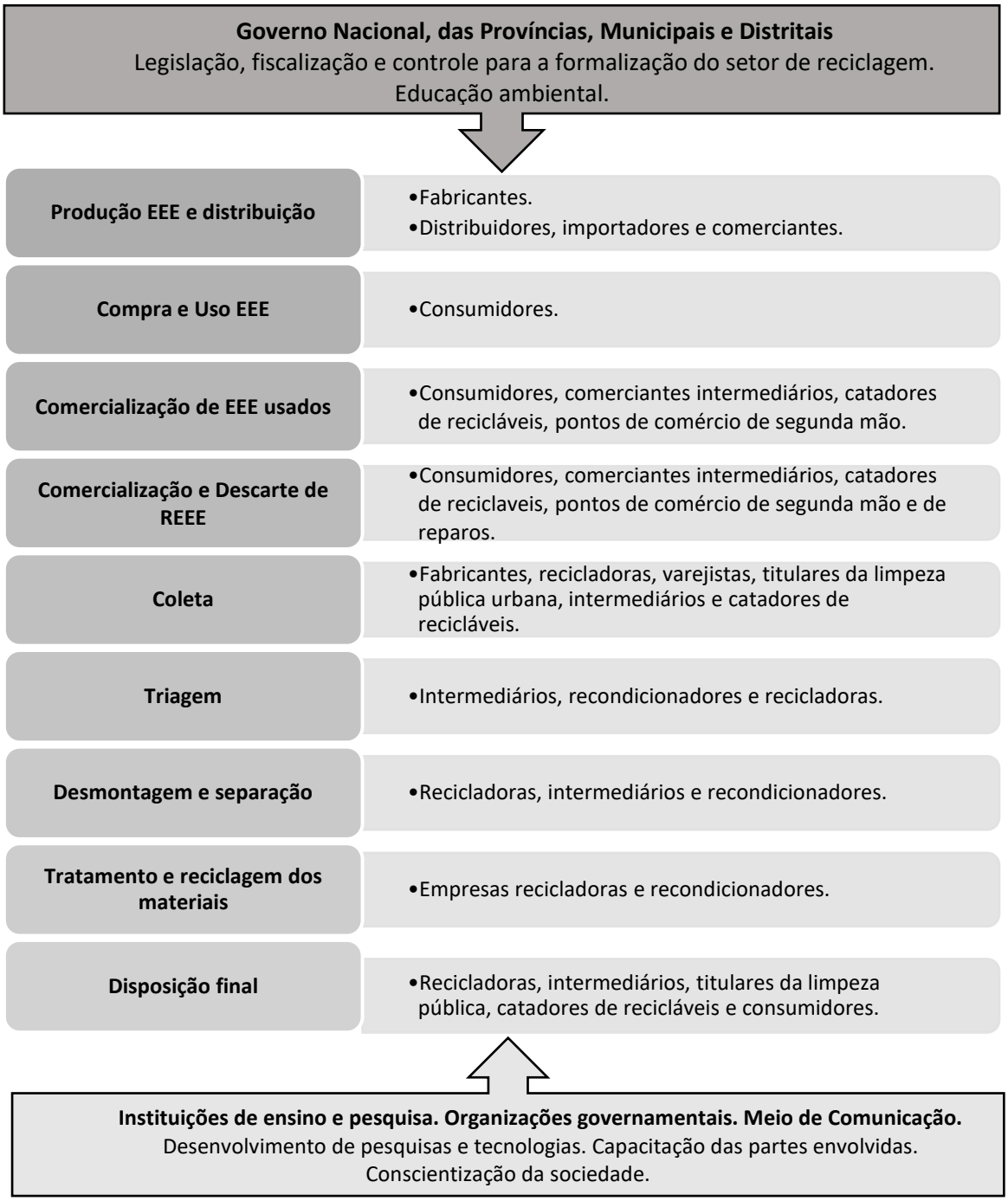
Atores	**Função na gestão de resíduos e de REEE**
Governo	
Governo nacional	Instituir leis e regulamentos para regular a geração e gestão dos REEE. Implementar projetos piloto de empresas recicladoras. Regular e administrar os subsídios financeiros. Fiscalizar e controlar a efetividade das ações na cadeia da responsabilidade estendida ao produtor. Promover a segurança e o bem-estar público.
Governo das províncias	Estabelecer planos de gerenciamento de resíduos a nível provincial para implementar os planos nacionais de geração e gestão de REEE. Realizar a fiscalização e licenciamento ambiental das instalações de manuseio e tratamento dos REEE.
Administrações municipais	Estabelecer planos de gerenciamento de resíduos a nível municipal para implementar os planos nacionais de geração e gestão de REEE. Realizar a fiscalização e licenciamento ambiental das instalações de manuseio e tratamento dos REEE. Atuar na formalização das atividades do mercado de REEE. Participar da conscientização da sociedade.
Mercado	
Fabricantes	Implementar sistemas de coleta e tratamento de REEE. Dar a destinação final ambientalmente adequada aos REEE. Efetuar o pagamento de taxas por unidade produzida ao fundo nacional de reciclagem de REEE.
	Divulgar informações de segurança e impacto ambiental dos EEE. Atuar na conscientização dos consumidores. Utilizar materiais reciclados na produção de EEE. Produzir EEE com *design* sustentável e de fácil desmonte. Promover a aquisição de matérias-primas ecológicas e sistemas produtivos sustentáveis (produção mais limpa).
Importadores	Efetuar o pagamento de taxas por unidade importada ao fundo nacional de reciclagem de REEE.
Comerciantes	Informar os consumidores. Dispor locais de recebimento de REEE.
Empresas recicladoras formal e informal *(formal and informal recycling/manufacturing)*	Coletar, desmontar, separar e reciclar REEE. Manter as instalações de reciclagem de acordo com os requisitos essenciais da certificação de qualidade ambiental. Controlar e reduzir a emissão de poluentes.
Catadores de recicláveis (*waste pickers*)	Coletam recicláveis em lixeiras públicas e os vendem em pontos de comércio de REEE. Proceder a destinação adequada dos REEE.

[10] Os atores Distribuidores, Cooperativas e Associações de Catadores, Organizações Não Governamentais (ONGs) e Titulares de limpeza pública não estão citados no estudo de caso da China, pois não foram localizadas literaturas relevantes a respeito. Contudo, esses atores podem estar figurando em atividades inerentes aos processos de REEE nesse país.

Comerciantes de recicláveis (*waste merchants*)	Compram e coletam recicláveis nos domicílios e os revendem nos pontos de comercio de REEE.
Pontos de comércio (*trading point)*	Compram os REEE de consumidores, catadores e comerciantes de recicláveis.
Intermediários (middle men)	Compram os REEE nos pontos de comércio de REEE, realizam etapas iniciais da reciclagem e revendem os materiais às recicladoras.
Pontos de comercio de segunda mão e de reparos (*repair service/second hand market*)	Efetuam reparos nos EEE usados. Compram e vendem EEE usados e REEE. Podem atuar em conjunto ou separados.
Sociedade	
Consumidor *(households)*	Compradores de EEE. Revendem os equipamentos usados e os REEE aos comerciantes de resíduos e nos pontos de comercio de reparos e de produtos de segunda mão. Separar e descartar os REEE adequadamente.
Instituições de ensino e de pesquisa	Fomentar a realização de pesquisas. Atuar em programas de educação ambiental.
Meios de comunicação públicas	Meios de difusão da informação. Sensibilizar a sociedade ao consumo sustentável e descarte adequado.

Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al.* (2021), Bai, Wang e Zeng (2018), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Chung e Zhang (2011), Fan e Fang (2020), Ghosh *et al*. (2016), Guo *et al*. (2017), Li e Lu (2021), Liu *et al*. (2021), Shittu, Williams e Shaw (2020), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), The State Council of the People's Republic of China (2021), Tong, Tao e Lifset (2018), Tran, Goto e Matsuda (2021), Yan *et al*. (2020), Zeng *et al.* (2017), Zhang *et al*. (2019), Zhou e Xu (2012), Zhu *et al*. (2018)

Figura 31 – China: cadeia de valor dos REEE



Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al.* (2021), Bai, Wang e Zeng (2018), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Chung e Zhang (2011), Fan e Fang (2020), Ghosh *et al*. (2016), Guo *et al*. (2017), Li e Lu (2021), Liu *et al*. (2021), Shittu, Williams e Shaw (2020), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), The State Council of the People's Republic of China (2021), Tong, Tao e Lifset (2018), Tran, Goto e Matsuda (2021), Yan *et al*. (2020), Zeng *et al.* (2017), Zhang *et al*. (2019), Zhou e Xu (2012), Zhu *et al*. (2018).

Observa-se que a gestão dos REEE na China envolve diversos atores, que atuam direta ou indiretamente nos processos relacionados a esses resíduos, porém o governo, fabricantes, recicladores e consumidores são considerados elementos chave

desses processos, sendo que a centralidade reside nas políticas e ações do governo e dos fabricantes (LIU *et al*., 2021).

O governo nacional chinês e agências vinculadas ocupam papel medular na regulação e promoção das atividades de reciclagem no país. Sob os pilares das políticas estratégicas de gestão de resíduos e redução da poluição, da produção mais limpa e da promoção da economia circular, o governo regula o mercado de reciclagem de REEE, mas também implementa políticas para a ampliação e formalização do mercado de reciclagem desses resíduos, como dos projetos piloto de empresas recicladoras nas províncias e dos subsídios financeiros às atividades formais de reciclagem (LIU *et al.,* 2021).

As administrações municipais estabelecem planos de gerenciamento de resíduos alinhados às políticas nacionais. No contexto dos resíduos eletroeletrônicos, os governos locais atuam para coibir as atividades informais do mercado dos REEE, através de medidas proibitivas, que visam repelir o comércio informal de REEE de áreas públicas e por medidas integrativas, que visam a organização e licenciamento dos estabelecimentos em locais adequados e seguros, integrados ao mercado formal de REEE. Para tal, essas atividades são frequentemente fiscalizadas e taxadas objetivando sua legalização no mercado de reciclagem (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018).

A adoção da política da Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsability - EPR*) na China tornaram os fabricantes elementos chave na geração e gestão do REEE. Conforme previsto na Diretiva REEE chinesa, os fabricantes são responsáveis pela reciclagem, disposição final dos REEE e do pagamento de taxas por unidade produzida ao fundo nacional de reciclagem. Além disso, as responsabilidades dos produtores de EEE se ampliam para reduzir a geração futura de REEE, introduzindo os conceitos de *design* ecológico e produção mais limpa nos seus processos produtivos. Nessa linha, são incorporadas ações de utilização de materiais reciclados na fabricação de EEE, *design* de EEE de fácil desmonte, compra de insumos ecológicos e a redução do desperdício, de resíduos e de emissão de poluentes. Os fabricantes também são responsáveis por informar o consumidor quanto a segurança e ao impacto ambiental de seus produtos, atuando proativamente na conscientização do consumidor (LIU *et al*., 2021).

O mercado de reciclagem no país se apresenta de várias formas, que incluem atores formais e informais, individuais e coletivos, *online* e *offline.* O que os molda são

a escala da reciclagem, a tecnologia empregada e a rede logística estabelecida. (LIU *et al*., 2021). A indústria de reciclagem dos REEE, com o patrocínio estatal, cresceu rapidamente em questão de 3 a 5 anos e em 2015 somavam 109 empresas recicladoras formais, certificadas e habilitadas a receber subsídios financeiros em diversas regiões do país, com capacidade de tratamento e reciclagem de 133 milhões de unidades de REEE.ao ano. Essas empresas empregam desde a desmontagem manual e tratamento mecânico até a recuperação de materiais e disposição final por tecnologias avançadas (GUO *et al*., 2017).

Contudo. o sistema formal de coleta e reciclagem de REEE compete com os meios informais, mais preponderantes e de fácil acesso à população (SHITTU; WILLIAMS; SHAW, 2020). Li e Lu (2021) expõem conforme dados oficiais que há cerca de 90 mil estabelecimentos de reciclagem registradas na China e calcula-se que há outros 300 mil não registrados atuando na reciclagem. Só em Pequim somam mais de 5 mil pontos de reciclagem formais e informais espalhados pelos distritos da cidade.

Mesmo assim, pesquisadores apontam que o mercado informal de coleta e reciclagem de resíduos sólidos da China carece de dados que apresentem a sua real dimensão. Estima-se que 18 milhões de pessoas estejam envolvidas nessas atividades informais, sujeito a flutuações em torno de 2 milhões de pessoas relacionadas à demanda de recicláveis (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018). A renda média mensal de trabalhadores chineses do mercado de REEE é de US$ 58,50, enquanto as mulheres e crianças envolvidas nessas atividades recebem em torno de US$ 36,00. Em comparação, a média do Brasil é de US$ 184,00 e da Índia é de US$ 72,80 a US$ 286,00 (ABALANSA *et al.,* 2021).

Steuer, Ramusch e Salhofer (2018) classificam os atores que atuam no mercado informal em seis categorias: (i) catadores de recicláveis: realizam a coleta normalmente a pé nas lixeiras públicas das cidades; (ii) comerciantes de recicláveis: costumam se locomover em triciclos e investem na propaganda (cartazes, banners e cartões de visita) para fidelizar clientes na compra e coleta de recicláveis em seus domicílios; (iii) pontos de comércio de REEE: compram resíduos e os revendem a intermediários; (iv) intermediários: utilizam caminhões para a coleta e compra dos REEE e os revende às recicladoras. Esse grupo também atua nas etapas iniciais da reciclagem como limpeza, separação, extração de materiais, classificação, recondicionamento e armazenamento; (v) serviços de reparo: estabelecimentos que realizam reparos dos EEE aos consumidores e ao mercado de segunda mão; (vi)

mercados de segunda mão: compram e revendem EEE usados. Os pontos de comércio de segunda mão muitas vezes estão integrados com os serviços de reparo. Cabe também observar que participantes desses grupos podem ser encontrados atuando no mercado de REEE já formalizados, pois o governo local pressiona as partes envolvidas que se mantem na informalidade para sua legalização e realocação para áreas dos parques industriais.

Nesse contexto, Li e Lu (2021) apresentam que mais de 90% dos REEE reciclados provém desses pontos intermediários formais e informais de reciclagem. O REEE, em sua maioria, é coletado/comprado por pontos individuais que os vendem a intermediários individuais ou para pequenas empresas, que por sua vez os revende às empresas recicladoras. Esses pontos intermediários estão disseminados pelos distritos das cidades, coletam uma grande variedade de resíduos, entre eles os REEE e geralmente suas instalações são próprias, pequenas e precárias.

Contudo, o comprometimento do governo em formar um mercado formal de reciclagem e a implementação da Responsabilidade Estendida ao Produtor tem fomentado novos modelos de negócios, nos quais diversos atores interagem sobretudo por meio de soluções de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), conectando consumidores, produtores, comerciantes e recicladoras, tanto do mercado formal quanto do informal (TONG; TAO; LIFSET, 2018).

Nos últimos anos tem sido implantadas diversas plataformas *online* que unem a internet à reciclagem para impulsionar esse mercado. Grandes redes do comércio eletrônico como a JD.com e Alibaba Group estão investindo em aplicativos acessados por celular ou computador, onde os consumidores podem agendar a coleta e comercializar os EEE usados e seus resíduos (ZHANG *et al.,* 2019).

Os consumidores na cadeia de valor dos EEE são em sua maioria os residentes e sua atuação é influenciada pelo nível educacional e pela conveniência de reciclar, que inclui o acesso fácil à disposição dos REEE e ao retorno financeiro (BAI; WANG; ZENG, 2018, LIU *et al.,* 2021). Em contraste a muitas sociedades, os residentes chineses percebem os REEE como recurso valioso gerador de renda e não como lixo. Dessa forma, os consumidores chineses tendem a descartar os REEE em locais onde haja um retorno ou compensação monetária (BAI; WANG; ZENG, 2018, STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018).

Tong, Tao e Lifset (2018) expõem que as empresas recicladoras com o apoio dos governos locais usam as tecnologias da informação para mapear os

comportamentos de consumo e descarte dos consumidores. Com esse diagnóstico atuam em atividades comunitárias e através de mídias públicas, informando sobre os meios de descarte adequados e dos retornos financeiros, buscando o aumento do volume de descarte formal de REEE. Conforme exposto na seção 2.4 dessa tese por Guo *et al.* (2017) e Fan e Fang (2020) o governo central busca o equilíbrio no avanço das implementações de sistemas circulares no país e que englobam os REEE. A região oriental, economicamente mais forte, está mais avançada do que a ocidental.

A China é formada por 23 províncias, 5 regiões autônomas (Xinjiang, Mongólia Interior, Tibete, Ningxia, Guangxi) e 2 administrativas especiais (Hong Kong e Macau), além de 4 cidades (Pequim, Xangai, Chongqing e Tianjin) administradas diretamente pelo governo central. Tianjin é um projeto do governo central para as *Eco-Cities*, construídas dentro de padrões de sustentabilidade, que contam, por exemplo, com sistemas coletivos de gestão de resíduos e reciclagem. Pequim, Xangai e Chongqing são megametrópoles com mais de 20 milhões de habitantes e são consideradas cidades estratégicas ao desenvolvimento econômico, financeiro e administrativo do país, como também de projetos-piloto de políticas urbanas (THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2021, *online*).

4.2.3 REEE na metrópole Pequim (Beijing)

A cidade de Pequim (Beijing) se localiza no norte do país e é a capital da China, administrada diretamente pelo governo central. A metrópole é dividida em 16 distritos administrativos distribuídos em uma área de 16.410,54 km2 e possui uma população de 21,5 milhões de habitantes calculada em 2020, porém menor do que em 2016 quando alcançou 21,7 milhões de habitantes. Em 2019, investindo sobretudo na economia digital, o Produto Interno Bruto chegou a 547,9 bilhões de dólares com uma média de crescimento superior a 6% a.a. e a renda per capita alcançou US$ 25.456,95. Nesse ano o crescimento do setor de serviços foi de 6,4% e o da indústria secundária foi de 4,5%. O setor primário apresentou um declínio de 2,5%. A taxa de desemprego manteve-se em torno de 4,5% e o número de pessoas recebendo algum tipo de benefício do governo cresceu em média 4,34%. No final desse ano, 65 mil pessoas de áreas urbanas e 37 mil de áreas rurais recebiam o subsídio mínimo de subsistência, enquanto os beneficiados por programas de seguros de pensão

alcançaram 2 milhões de residentes e os seguros saúde chegaram a 4 milhões (THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY, 2021, *online*).

A conjunção de uma das cidades mais ricas da China, mas também uma das mais populosas geram volumes enormes de REEE a serem tratados. Em 2015 foram descartados mais de 2,31 milhões de unidades de eletrodomésticos de maior porte (GU *et al*., 2016b). Após décadas de forte expansão urbana, populacional e de industrialização que resultaram em altos níveis de poluição, o governo central e a administração local vêm adotando políticas para conter o aumento da população e reverter os impactos ambientais. O plano urbanístico de Pequim 2016-2035 estabelece que a cidade não poderá ultrapassar a 23 milhões de habitantes e sua área construída deverá reduzir em 2.760 km2 até 2030 (EXAME, 2017, *online;* THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY, 2021, *online*).

O Regulamento Municipal de Pequim sobre a gestão de resíduos sólidos municipais foi instituído em 2011 e revisado em 2019. Conforme seu Art. 1º a regulamentação segue as leis nacionais adequados à realidade de Pequim e tem o propósito de promover melhorias na área urbana e rural, assegurando a saúde da população e a preservação do meio ambiente, com o crescimento econômico e progresso social sustentáveis. Em seu Art. 2º, o regulamento salienta que a gestão dos REEE, bem como dos resíduos perigosos e resíduos médicos seguem as leis e regulamentos nacionais específicos a esses materiais, mas o gerenciamento dos planos de gestão e a fiscalização são administrados pelos governos municipais e distritais. Neste sentido cabe destacar alguns pontos do regulamento em questão: (i) entidades e indivíduos devem cumprir suas responsabilidades de reduzir e descartar adequadamente os resíduos sólidos (Art. 6º); (ii) a administração municipal e distritais incentivarão a redução e reciclagem de resíduos e uso de materiais em reuso e reciclados (Art. 9º); (iii) os governantes, o mercado, os residentes, a rede educacional e os meios de comunicação adotarão medidas efetivas à conscientização da sociedade para a redução dos resíduos e o seu descarte correto (Art. 10º); (iv) os fabricantes e distribuidores reduzirão os uso de embalagens e cumprirão a rotulação e recuperação dos REEE (Art. 24º); (v) as organizações e residentes devem priorizar o uso de produtos em reuso e reciclados e reduzir o uso de descartáveis (Art. 25º); (vi) as organizações pública e privada e os comitês de residentes nomearão seus gestores de triagem de resíduos que comporão o sistema de gestores de triagem da cidade (Art. 34º). Em 2020, o sistema de gestores alcançou 90,9% da área de Pequim;

(vii) a administração municipal ampliará o uso de TIC na gestão dos resíduos com o objetivo de informatizar todos os processos inerentes (Art. 53º); (viii) as administrações distritais urbanas e rurais podem nomear supervisores de bairros responsáveis pela conscientização da população às normas de conduta dispostas no regulamento de gestão de resíduos (Art. 58º); (ix) organizações que desempenhem atividades relacionadas ao saneamento, economia circular, serviços de limpeza, varejo, ramo imobiliário, turismo e alimentação serão assessorados e treinados à gestão de resíduos sólidos (Art. 61º); (x) o não cumprimento das responsabilidades pelas partes envolvidas impute em multas ás organizações e indivíduos, que variam entre US$ 310,00 a US$ 15.600,00 conforme detalhadas no Art. 63º ao Art. 76º do regulamento de gestão de resíduos de Pequim (THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY, 2021, *online*).

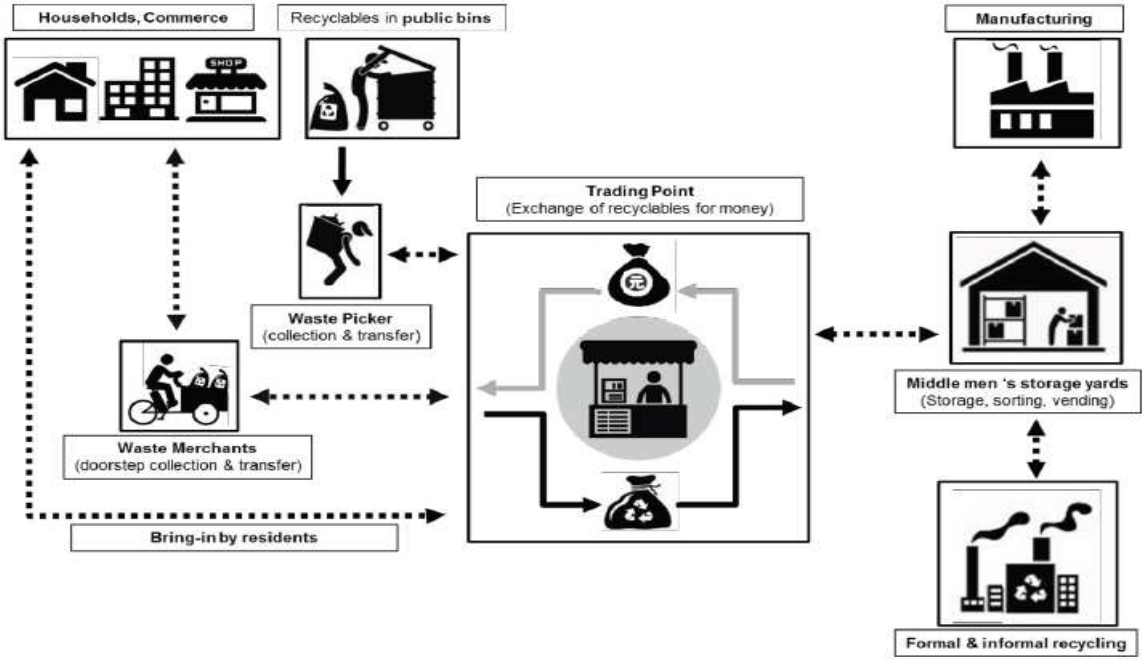
Em adição, o Plano Quinquenal de Pequim (2021-2025) reforça o compromisso do governo central e municipal em melhorar o desempenho da economia e da qualidade de vida humana e do meio ambiente, tornando uma metrópole saudável, modelo de ações ecológicas. Em parceria com cidades e províncias vizinhas, os esforços se somarão no combate à poluição e aos resíduos, atuando na prevenção e na gestão destes e avançando no sistema de gestores de triagem de resíduos (gestores de propriedade). Chen Jining, Prefeito de Pequim, declara ao se referir ao progresso ecológico que “o desenvolvimento verde terá raízes no coração das pessoas; produzir e viver verde será amplamente abraçado. A triagem de resíduos se tornará um ato voluntário de todos os cidadãos” (THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY, 2021, *online*).

Wang e Mishima (2019) argumentam que o foco no desenvolvimento da economia digital em Pequim projeta para o período 2016-2036 um aumento exponencial de telefones celulares em uso e descartados, sendo que não há até o momento uma rede de reuso e reciclagem de celulares apta para atender essa demanda, pois a preferência da reciclagem visa os aparelhos de maior porte como TVs, refrigeradores de ar e máquinas de lavar. Além disso, Pequim como a maioria das cidades chinesas enfrenta o desafio de formalizar e legalizar as atividades de reciclagem dos REEE. Há inúmeras instalações de reciclagem informais em fundo de quintal que não oferecem infraestrutura adequada e segura ao tratamento dos REEE.

Contudo, Steuer, Ramusch e Salhofer (2018) apresentam que as atividades de reciclagem formalizada estão se ampliando ao longo dos anos em Pequim na

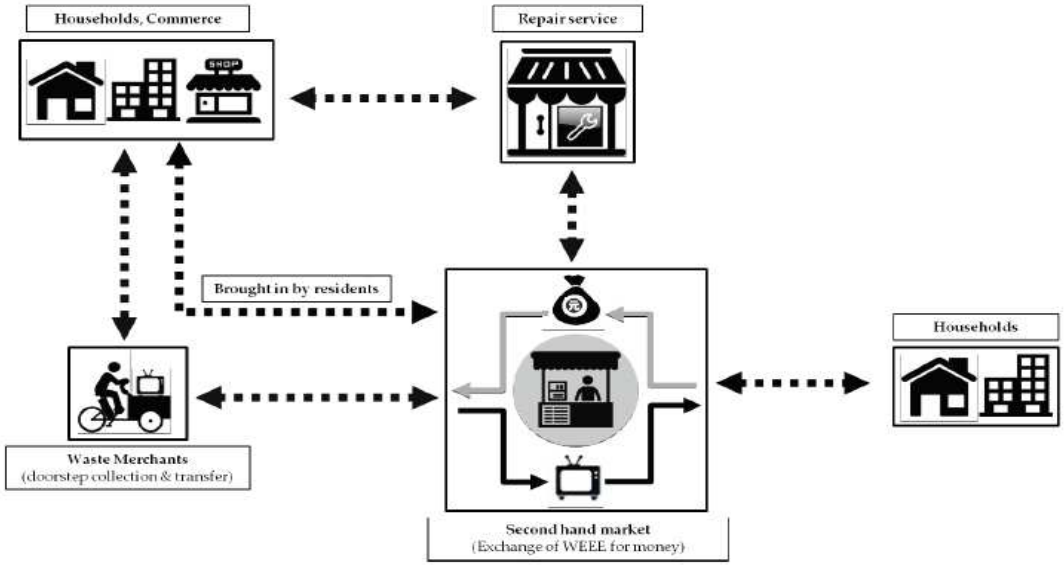
contramão da informalidade. O número de atores formais tem aumentado de forma gradual. Em 2000 foram computados 100 mil trabalhadores envolvidos em atividades formais de reciclagem na cidade, enquanto em 2016 somavam aproximadamente 150 mil. Em 2005, cerca de 57% dos REEE eram coletados por meios informais, ao passo que em 2012 o percentual caiu para 30%. Os atores formais convivem com os atores informais no mercado de reciclagem dos REEE em Pequim, como também nas demais regiões da China. Enquanto os governos pressionam a informalidade para sua legalização, o mercado formal mantém uma relação dinâmica com o mercado informal. Além das leis, regulamentos e fiscalização, os governos central e local estão desde 2000 implementando projetos-piloto na cidade com a finalidade de canalizar os REEE aos meios formais. Um dos projetos consiste em instalar estações formais de compra de REEE nos bairros residenciais, que em 2014 já somavam 4.400 unidades. Outro projeto-piloto é a implantação de usinas de reciclagem. Como exemplo, o Huaxing Group investiu US$ 12 milhões em uma recicladora de REEE que pode tratar 1,2 milhão de resíduos de EEE ao ano. A Figura 32 – Fluxo dos REEE entre os atores formais e informais e a Figura 33 – Fluxo dos EEE usados e dos REEE no mercado de reuso demonstram a dinâmica das relações entre o mercado formal e informal nas atividades inerentes aos REEE em Pequim, que replicam o contexto encontrado na maioria das cidades da China.

Figura 32 – China: fluxo dos REEE entre os atores formais e informais



Fonte: Steuer, Ramusch e Salhofer (2018, p.194)

Figura 33 – China fluxo dos EEE usados e dos REEE no mercado de reuso



Fonte: Steuer, Ramusch e Salhofer (2018, p.195)

Conforme estudos de Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), assim como de Gu *et al.* (2016b), verifica-se na Figura 32 que as famílias (*households*) vendem os REEE aos comerciantes de recicláveis (*waste merchants*) ou nos pontos de comércio (*trading point*), assim como podem descartar os REEE em lixeiras públicas, onde os catadores de recicláveis (*waste pickers*) coletam os recicláveis para revenda nos pontos de comércio. Estes, por sua vez, revendem os REEE aos intermediários (*middle men*), que realizam algum tratamento inicial dos REEE para a reciclagem e os revendem às recicladoras formais e informais, como também às indústrias. Em complemento, a Figura 33 mostra outro fluxo de EEE usados e seus resíduos que se realiza no mesmo contexto da Figura 32. Nesse fluxo, as famílias consumidoras (*households)*, principalmente as de baixa e média renda, levam seus equipamentos usados em pontos de reparos (*repair service*) para efetuar pequenos consertos. Integrados ou não a esses pontos de reparo funciona o mercado de segunda mão (*second hand market*) que comercializa EEE usados tanto com consumidores finais quanto com comerciantes de recicláveis. Os pontos de reparo e de comércio de EEE usados atuam na formalidade e na informalidade. Conforme Gu *et al.* (2016a), estudos realizados em Pequim demonstraram que cerca de 44% dos EEE fora de uso se tornam REEE e são tratados no mesmo ano, porém 56% são reutilizados e doados em um prazo de três anos ou podem ser armazenados por até um ano.

Desta forma, percebe-se pelos dois fluxos expostos, que o mercado formal e o informal se interrelacionam e estão presentes em todas as fases da gestão dos REEE. Os autores Steuer, Ramusch e Salhofer (2018) ressaltam que mesmo considerando as problemáticas das atividades informais, essas colaboram para o montante de REEE reciclados e atenuam os gastos públicos municipais. No caso de Pequim, em 1998, foram destinados 750 milhões de RMB[11] do orçamento municipal para o gerenciamento dos resíduos sólidos, enquanto o setor de reciclagem formal faturou 1,1 bilhão de RMB. Já em 2014, os gastos públicos com a gestão dos resíduos sólidos somaram 1,1 bilhão de RMB, enquanto o setor de reciclagem formal rendeu aos cofres públicos 1,8 bilhão de RMB.

A fim de melhor compreender o cenário da China na gestão dos REEE são examinados a seguir os desafios, as barreiras presentes na conjuntura do governo, mercado e sociedade, bem como proposições de mehoria a nível nacional, mas com o olhar sobre as metrópoles do país.

4.2.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE

A parir dos anos 2000 a China instituiu leis e regulamentos para conter a poluição dos REEE, como também de outros poluentes. Além disso, o governo central criou o fundo de subsídios de reciclagem, proibiu a importação de resíduos, acirrou a fiscalização e empreendeu vários projetos-piloto para aumentar e formalizar a reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos. Porém, essas medidas desafiam posições e relações historicamente construídas pelo mercado e pela sociedade.

As políticas adotadas pelo governo central de compensação monetária pelo descarte de EEE usados e seus resíduos na compra de novos EEE (velho por novo), do pagamento de taxas por unidade produzida ou importada pelos fabricantes e importadores de EEE ao fundo de subsídios à reciclagem e; a implementação de projetos-piloto de usinas de reciclagem nas províncias impulsionaram o mercado de produção de EEE e da reciclagem formal dos REEE, enviando mais resíduos eletroeletrônicos aos meios formais de descarte (GUO *et al.*, 2017).

[11] “A moeda oficial de Pequim e de toda China se chama Renminbi (RMB), que significa “moeda do povo”. Sua unidade básica é o yuan (CNY) e ambos os termos são usados; ou seja, 5RMB é o mesmo que ¥5. Os símbolos da divisa são ¥ e 元” (https://www.tudosobrepequim.com/moeda).

A política de compensação monetária na troca de EEE usados por novos, inclusive com ações específicas à área rural, estimulou o consumidor chinês a trocar EEE por modelos mais eficientes com maior frequência e a canalizar os resíduos à indústria de reciclagem. Essa política buscou reduzir o hiato de tempo entre a venda e descarte do EEE e da compra de novos EEE, assim como aumentou as quantidades recicladas e fomentou a produção de equipamentos eletroeletrônicos (GU *et al*., 2016a). Embora a política do "compre um novo com um usado" em consonância com ações dos governos locais de conscientização da sociedade ao descarte adequado tenha sensibilizado a sociedade e promovido a reciclagem dos REEE, a população tende a separar os resíduos com maior retorno financeiro e a canalizar os resíduos aos meios que lhes são mais convenientes (GUO *et al*., 2017). A maioria da população não tem a percepção de que é seu dever separar e descartar todos os REEE de forma adequada, sendo necessário políticas adicionais e ações locais que promovam a conscientização da sociedade ao consumo responsável e estabeleçam um comportamento coletivo de reciclagem, respeitando as realidades regionais (GUO *et al*., 2017; LIU *et al.*, 2019).

A política de fundos fomentou o mercado formalizado de empresas recicladoras padronizadas e qualificadas, cumprindo o papel de equilibrar as contas da empresa, subsidiando a lucratividade e o retorno sobre o investimento (LIU *et al*., 2021; WANG *et al*., 2018). Com os subsídios do fundo os volumes reciclados de REEE vem crescendo anualmente em um cenário de aumento de REEE de 18% a.a. (LIU *et al*., 2021; SUN *et al*., 2020). Em 2014, foi reciclado 135,83 milhões de unidades enquanto em 2016, após a instituição do fundo em 2015, foi reciclado 160,55 milhões de unidades (LIU *et al*., 2021). Contudo, Hou *et al.* (2020), Zeng *et al*. (2017) e Zhao e Bai (2021) expõem que a política de fundos para subsídios à reciclagem dos REEE enfrenta um descompasso entre os valores arrecadados e os alocados nas empresas recicladoras, que recebem conforme a quantidade de REEE processados. Esse déficit tem atrasado o repasse às recicladoras. Conforme Zhao e Bai (2021) em 2015, o fundo arrecadou 2,88 bilhões de Yuan e o governo central alocou 3,39 bilhões de Yuan em subsídios à reciclagem. Em 2016, foi arrecadado 2,61 bilhões e alocados 4,71 bilhões. Estima-se que o déficit em 2030 se aproxime de 33 bilhões de Yuan. Além do déficit, esses autores argumentam que a política de fundos acelerou a indústria de reciclagem de REEE no país, mas não promoveu o engajamento dos produtores em inovações ecológicas e ao *ecodesign*. "Embora o *ecodesign* de produtos pelos

produtores possa promover a reciclagem de REEE, a política atual não vincula o desempenho da reciclagem à inovação verde dos produtores" (ZHAO; BAI, 2021, p. 26). Zeng *et al*. (2017) acrescentam que as políticas chinesas relativas aos REEE destacam a importância da produção de EEE projetados com base no *ecodesign* e na facilidade de desmonte e reciclagem, entretanto poucos produtores de EEE aderem a essa prática, comprometendo toda a cadeia de valor da reciclagem. Esses autores arguem que a maioria dos produtores se limitam ao pagamento das taxas ao fundo de subsídio, ignorando os impactos ambientais dos resíduos dos EEE que produzem.

Guo *et al.* (2017) concluem que o rápido crescimento do mercado formal das recicladoras (3 a 5 anos) carece de maior experiência e tecnologias adaptadas ao país. Li e Lu (2021), Zeng *et al*. (2017) e Zhao e Bai (2021) afirmam que os produtores e importadores precisam se envolver mais no mercado de reciclagem, pois apesar de serem incentivados a atuarem na cadeia de reciclagem, não há fiscalização com essa finalidade,

Liu *et al.* (2019) apresentam que o fato de o mercado de reciclagem de REEE se concentrar em EEE de médio e grande porte dificulta a reciclagem de eletrônicos de pequeno porte em forte expansão de consumo, como é o caso dos celulares. Segundo esses autores, 30,45% dos celulares fora de uso estão armazenados nas residências. Em 2017, esse volume já passava de 800 milhões de unidades. No caso dos celulares a situação é agravada pela incerteza dos consumidores quanto ao vazamento das informações no descarte do equipamento obsoleto.

Por outro lado, um dos grandes desafios da China no mercado de reciclagem de REEE são as estruturas informais (CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH *et al*., 2016; HOU *et al*., 2020; STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018) que possuem mais de 65% de participação no mercado (HOU *et al*., 2020). As atividades informais coexistem com as atividades formais, mantendo uma relação dinâmica de longa data. Os esforços do governo central e locais em leis, regulamentos e fiscalização cobrando faturamentos formalizados, emissão de nota fiscal, garantia do serviço prestado, instalações adequadas e seguras tem reduzido a informalidade, mas longe do objetivo final de formalização do mercado. As medidas governamentais são em grande parte de cunho proibitivas e pouco integrativas, o que resulta no deslocamento dos negócios informais para áreas com menor fiscalização e os tornam mais vigilantes a possíveis inspeções (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018).

Ghosh *et al*. (2016) mostram que enquanto a reciclagem formal está centrada no desmantelamento mecânico, a reciclagem informal emprega técnicas rudimentares como a lixiviação ácida e queima a céu aberto para separar metais valiosos. Chung e Zhang (2011) e Ghosh *et al*. (2016) ressaltam que as condições de trabalho no setor informal são precárias, inadequadas e inseguras impondo riscos à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente, poluindo o ar, o solo e a água. Em sua maioria o resultado financeiro sobrepõe qualquer movimento mais sustentável nas atividades informais.

O mercado informal da reciclagem de REEE com frequência utiliza a mão de obra infantil na coleta e tratamento dos resíduos, de forma mais proeminente nos finais de semana e nas férias escolares quando as crianças se unem aos seus familiares nas atividades de reciclagem. Apesar dos esforços do governo e da mídia em orientar e coibir essa prática, os danos à saúde dessas crianças são incertos e incalculáveis. Guiyu, na província de Guangdong, que por muitos anos foi um dos destinos globais do lixo eletrônico exemplifica bem essa realidade encontrada em muitas cidades do país. Apesar das intervenções governamentais dos últimos anos, as cidades ainda enfrentam o desafio de mudar esse cenário (ABALANSA *et al*., 2021).

Na tentativa de canalizar os REEE aos meios formais, a administração de Pequim, como de outras cidades implantou pontos de coleta/compra de REEE nos bairros residenciais. Porém, o projeto demonstrou pouca eficácia, pois o valor pago pelo descarte do REEE era inferior ao recebido nos pontos informais. Além disso, os trabalhadores desses pontos eram em sua maioria originários do mercado informal, o que facilitou o desvio dos materiais à informalidade (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018).

Outros desafios próprios dos movimentos de mercado como a concorrência e a volatilidades dos preços dos materiais afetam tanto o mercado formal quanto o informal, reduzindo os lucros aferidos na atividade de reciclagem e precarizam as condições de trabalho, sobretudo nos negócios informais (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018).

Além disso, os custos de reciclagem de REEE na China são considerados altos (HOU *et al*., 2020; LI; LU, 2021; STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018; ZENG *et al*., 2017). Hou *et al*., 2020, Li e Lu (2021) explicam que há vários fatores que contribuem ao alto custo da reciclagem no país e destacam: (i) a logística reversa dos REEE é longa, passando por vários intermediários informais e formais, individuais e

coletivos até alcançar as usinas de reciclagem; (ii) a remuneração paga aos consumidores pelos REEE; (iii) as recicladoras nem sempre operam com sua capacidade máxima ou pelo menos que lhes resulte em equilíbrio financeiro e; (iv) dependência do fundo de subsídios de reciclagem que representam em média cerca de 60% da receita das recicladoras. Mesmo com o subsídio, cerca de 66% das recicladoras operam no negativo, sendo que estas só recebem o apoio financeiro se operarem com pelo menos 20% da capacidade declarada quando da certificação. Zeng *et al*. (2017) acrescentam que as implantações de empresas recicladoras demandam grandes investimentos públicos e privados. Se o início das atividades e a alocação dos subsídios atrasarem ou, a recicladora operar muito abaixo de sua capacidade instalada comprometerá o retorno sobre os investimentos por anos.

O maior retorno financeiro oferecido pelos comerciantes de recicláveis informais e o fácil acesso a estes explicam a preferência dos consumidores chineses em descartar/vender os REEE no mercado informal em vez dos meios formais (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018). Esses autores expõem que o crescimento gradual das rendas individuais ampliando a classe média, tem alterado o comportamento de consumo dos EEE. Os consumidores urbanos de classe média e alta tendem a buscar EEE com tecnologias cada vez mais avançadas em detrimento de reparos nos equipamentos usados ou compra de produtos no mercado de segunda mão. Assim, o descarte de REEE é majorado e os lucros do mercado de reparos e de segunda mão são reduzidos, pois seus consumidores são em sua maioria de rendas mais baixas e da área rural. Diante do exposto, o Quadro 38 resume as principais barreiras apontadas pelos estudos na gestão dos REEE na China.

Quadro 38 – China: barreiras à gestão dos REEE

Barreiras	**Autores**
Falta de orientação à sociedade para o descarte adequado dos REEE	Guo *et al*. (2017), Liu *et al.* (2019).
Descarte inadequado dos REEE	Guo *et al*. (2017), Liu *et al.* (2019).
Maior frequência de consumo de EEE novos e com tecnologias mais avançadas (aumento das rendas individuais)	Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), Liu *et al.* (2019).
Preferência do consumidor ao descarte/venda dos REEE no mercado informal	Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), Hou et al. (2020) e Liu *et al.* (2019).
Mercado informal de reciclagem - relação histórica e dinâmica com o mercado formal	Steuer, Ramusch e Salhofer (2018).
Condições inadequadas e inseguras no trabalho informal de coleta e reciclagem dos REEE. Trabalho infantil.	Chung e Zhang (2011), Ghosh *et al*. (2016), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), Abalansa *et al*. (2021).

Medidas governamentais proibitivas e pouco integrativas às atividades informais.	Steuer, Ramusch e Salhofer (2018).
Déficit do fundo de subsídios à reciclagem	Gu *et al*. (2016a), Zeng *et al*. (2017), Hou et al., 2020, Zhao e Bai (2021).
Altos custos dos sistemas de reciclagem	Zeng *et al*. (2017), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), Hou et al., 2020, Li e Lu (2021).
Baixo envolvimento dos produtores no mercado de reciclagem e ao *ecodesign*	Zeng *et al*. (2017), Li e Lu (2021); Hou et al. (2020), Zhao e Bai (2021).
Recicladoras formais - falta de experiência e tecnologias adaptadas ao local. Foco na reciclagem de REEE de médio e grande porte.	Guo et al. (2021), Liu *et al.* (2019).

Fonte: Autoria própria (2023)

Constata-se no Quadro 38 que as barreiras encontradas na gestão dos REEE na China se concentram em grande parte nas relações e comportamentos históricos entre as partes envolvidas nos processos inerentes ao REEE. O aumento das rendas individuais dos últimos anos fomenta o consumo de novas tecnologias de EEE em períodos cada vez mais curtos. Sem uma consciência ambiental sustentável consolidada, os consumidores descartam/vendem os REEE de maior valor nos pontos de descarte/compra que lhes tragam maior retorno financeiro e com maior facilidade. Esse comportamento leva o consumidor com maior frequência ao mercado informal dos REEE e ao descarte em locais inadequados. O setor informal foi constituído ao longo de décadas e domina a maior parte do mercado de reciclagem dos REEE, que mantem uma relação interdependente com o setor formal. Todavia, as atividades informais estão associadas a condições inadequadas e inseguras de trabalho, que implicam em danos à saúde humana e ao meio ambiente. O governo central e locais atuam na formalização do mercado de reciclagem, porém as políticas e ações são mais proibitivas do que integrativas ao mercado informal. Além disso, o fundo de subsídios de reciclagem que tem a missão de viabilizar o retorno sobre o investimento das recicladoras formais tem o desafio de equilibrar as contas entre o valor arrecado e o alocado, além do equilíbrio financeiro das próprias recicladoras. Cabe ainda observar que tanto as políticas quanto o mercado estão focados no processo de reciclagem de REEE de médio e grande porte, enquanto milhões de unidade de EEE de pequeno porte não estão sendo reciclados e pouco se trata do *ecodesign* desses equipamentos.

Liu *et al*. (2021) e Wang *et al.* (2018) argumentam que são necessárias medidas que reduzam o custo e aumentem a lucratividade da reciclagem dos REEE no país, considerando a capacidade de escala regional de REEE. Nessa direção Liu *et al*. (2021) estabelecem as seguintes proposições: (i) regulamentações e incentivos fiscais que contemplem outras etapas importantes do ciclo de vida dos EEE e seus resíduos, pois a política atual específica a REEE está focada no processo de reciclagem. O governo central pode liderar mais movimentos no mercado para inovações tecnológicas no processo de reciclagem, mas também para o *ecodesign,* estimulando os produtores a projetos de EEE sustentáveis, com facilidade de desmonte e reaproveitamento na cadeia produtiva, o que irá reduzir os custos de produção e da reciclagem. Incentivos fiscais e sistemas de compras governamentais com priorização a equipamentos ecológicos tem potencial para estimular mudanças de paradigmas no mercado; (ii) ampliar a rede de canais de coleta de REEE das empresas recicladoras. Dado que o longo caminho dos REEE pelos intermediários até as recicladoras reduz significativamente a lucratividade da empresa, esta pode ampliar sua rede de canais de coleta de REEE se aproximando ao máximo da origem do descarte inicial. Para tal, há possibilidades de estabelecer pontos de descarte em comunidades e em lojas, implantar plataformas virtuais de comercialização de REEE e coleta porta-a-porta, assim como firmar parcerias com os próprios produtores de EEE. Essas medidas reduzem o custo, aumentam o volume de resíduos e melhoram a lucratividade da empresa; (iii) participação direta dos produtores no mercado de reciclagem. Além dos pagamentos de taxas ao fundo de subsídio, a participação mais ativa dos produtores no mercado de reciclagem traz inúmeros benefícios a essa cadeia de valor como a atenção maior ao *ecodesign*, sistemas produtivos ecológicos e maior preservação do meio ambiente. A logística reversa dos REEE promovida pelos produtores oportuniza a compra de novos EEE pelo consumidor e o reaproveitamento de materiais na cadeia produtiva, reduzindo custos e uso de novos recursos. Essas redes de logística podem ser estruturados de forma individual, em associações com outras empresas ou em parcerias com recicladoras; (iv) cooperação e parcerias entre produtores e recicladoras. Essas empresas podem acordar em seccionar atividades e compartilhar informações que promovam a melhoria da produtividade e lucratividade de ambas.

Em complemento, Hou *et al*. (2020) propõem que a política de Responsabilidade Estendida do Produtor incorpore metas de coleta de REEE aos

produtores baseados em suas estimativas de geração de resíduos. O produtor poderia realizar a coleta em rede individual, terceirizar os serviços a determinadas recicladoras ou se associar às organizações gestoras de logística reversa de REEE. Os autores justificam que a medida aumentaria o volume de material reciclado e por vias formalizadas.

A fim de impulsionar o mercado de reciclagem, governo e mercado tem investido em soluções de TI para aproximar as partes envolvidas e melhorar a produtividade destes. São exemplos dessa parceria a implantação de plataformas digitais para a comercialização e agendamento da coleta dos REEE, tanto da população quanto de empresas (GU *et al*., 2018; SUN *et al*., 2020; TONG; TAO; LIFSET, 2018). Essas novos modelos de negócios virtuais surgiram de empresas da internet e da reciclagem, que com o tempo verificaram a necessidade da construção de ecossistemas de negócios flexíveis *online* e *offline*, dado a complexidade da composição dos REEE e da coleta em locais dispersos. Dentre as empresas chinesas se destacam a Aihuishou, Alibaba, Yizaisheng e Huishouge. Em 2017, a Yizaisheng alcançou o faturamento de 1,08 bilhão de dólares ano e a Aihuishou faturou mais de 600 milhões de dólares (SUN et al., 2020). A empresa Aihuishou, especializada na reciclagem e venda de EEE, instalou máquinas automáticas de logística reversa de REEE nos shoppings centers conforme a Figura 34 (TONG; TAO; LIFSET, 2018).

Figura 34 – Máquinas automáticas de logística reversa de REEE

Fonte: Tong, Tao e Lifset (2018)

Nessas máquinas o consumidor seleciona a descrição do seu produto que oferta o preço pelos REEE. Quando do aceite da proposta, o consumidor descarta os materiais no local e recebe um cupom de desconto a ser usado na compra de EEE novos. Se o consumidor negociar os REEE via aplicativos, os resíduos são

descartados em local apropriado ou é agendado a sua coleta (TONG; TAO; LIFSET, 2018).

Gu *et al.* (2017) argumentam que a enorme quantidade de dados gerados no ciclo de vida dos EEE e de seus resíduos podem ser tratados de forma eficaz pelas tecnologias Big Data a fim de subsidiar a gestão dos REEE, enquanto as tecnologias *IoTs* (*Internet of Things*) podem ser usadas na conexão com o usuário final, indivíduos ou empresas.

Em síntese, o Quadro 39 reúne as proposições abordadas por estudos recentes à melhoria da gestão dos REEE na China.

Percebe-se que as proposições são relacionadas às principais partes envolvidas nos processos inerentes aos REEE, ou seja, sociedade, produtores, recicladores e governo. As pesquisas apontam que apesar dos avanços na educação ambiental da população é preciso seguir com mais políticas e ações de conscientização da sociedade para o reuso e descarte adequado dos REEE que orientem todas as classes sociais e regiões do país.

Quadro 39 – China: proposições à gestão dos REEE

Proposições	**Autores**
Conscientização da sociedade ao reuso e descarte adequado dos REEE.	Guo *et al*. (2017), Liu *et al.* (2019)
Sistemas nacionais de reciclagem considerando as capacidades regionais	Wang *et al*. (2018), Liu *et al.* (2019), Li e Lu (2021), The State Council of The People's Republic of China (2021).
Maior envolvimento dos produtores de EEE no mercado de reciclagem em parcerias com as recicladoras	Hou *et al*. (2020), Liu *et al*. (2021), Li e Lu (2021), Zhao e Bai (2021).
Ampliar os canais de coleta de REEE das recicladoras - mais próximo da origem do descarte	Gu *et al*. (2018), Liu *et al*. (2021).
Soluções de TI na logística reversa e reciclagem dos REEE	Gu *et al.* (2017), Gu *et al*. (2018), Tong, Tao e Lifset (2018), Sun *et al*. (2020).
Responsabilidade Estendida ao produtor – incluir metas de coleta de REEE	Hou *et al.* (2020).
Política de subsídios e incentivos – incluir o desempenho em inovações verdes e *ecodesign*	Liu *et al*. (2021), Zhao e Bai (2021).
Integração do setor formal e informal de reciclagem	Gu *et al.* (2018), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018).

Fonte: Autoria própria (2023)

De outra parte, se propõem maior participação dos produtores de EEE no mercado de reciclagem em parcerias com as recicladoras, em processos de logística reversa, em inovações tecnológicas verdes e em projetos de *ecodesign* que viabilizem o reuso e reciclagem dos materiais. Para tal, legislações podem regulamentar atribuições de produtores e recicladores quanto a coleta de REEE, ampliando os canais de coleta e aumentando o volume coletado, assim como de inovações verdes. Quanto ao mercado informal recomenda-se medidas de integração das atividades informais ao mercado formalizado de reciclagem. Soluções de TI, por sua vez, podem viabilizar a implementação de tais práticas e acelerar os processos de comercialização, coleta e reciclagem dos REEE, aumentando os volumes tratados e por conseguinte contribuir para a lucratividade das empresas de reciclagem.

Mcdowall *et al* (2017) argumentam que embora a política chinesa de promoção à economia circular mencione ações ao *ecodesign* e ao consumo sustentável, a prioridade é buscar a máxima eficiência dos recursos, reduzir a poluição e o desperdício na indústria. Nesse cenário, ações de *ecodesign* e de sensibilização da sociedade ao consumo e descarte sustentável possuem menor ênfase, visto que a produção e as exportações são consideradas mais relevantes à economia da China. Wang *et al.* (2020, p.1) consideram que “mudar de uma economia baseada em infraestrutura e produção de investimento de capital para o mercado mundial, para uma economia baseada no consumo, pode aumentar o potencial da economia circular na China no futuro.”

Nessa direção, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma do governo central divulgou em julho de 2021 o plano de promoção para a economia circular para os próximos cinco anos, cujo objetivo primordial é estabelecer um sistema de reciclagem de materiais em todo o país como garantia de suprimento de recursos. O plano inclui metas de redução de água e energia, tratamento dos resíduos, redução da poluição, inovação tecnológica e produtos ecológicos. A previsão é que em 2025 a receita da indústria de reciclagem alcance US $ 771,6 bilhões (THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2021, *online*).

Porém outros desafios estão postos ao país na evolução da economia para sistemas circulares, no qual se incluem os sistemas produtivos de EEE e seus resíduos. Fan e Fang (2020) e Guo *et al*. (2017) pontuam que há diferenças regionais relevantes no desenvolvimento da economia circular. Cerca de 23% das províncias (Ex. Pequim e Xangai) detêm sistemas produtivos circulares eficientes e estão

concentradas nas regiões mais ricas ao leste do país, enquanto 70% das províncias são consideradas ineficientes e estão localizadas a oeste do país, com grau de riqueza inferior. Nesses cenários, as adversidades que envolvem o setor informal ocupam menor ou maior grandeza. Para Gu *et al.* (2018, p. 173), "[...] a integração dos setores formal e informal é uma possível solução para os problemas ambientais, de saúde e sociais decorrentes da reciclagem informal, onde os sistemas de informação devem desempenhar um papel fundamental."

No contexto da gestão dos REEE no país, a estratégia política de promoção da economia circular que contemple planos de fabricação de EEE pelo *ecodesign*, associado a ações de consumo sustentável viabilizará estender a vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos, diminuir a obsolescência programada e o volume descartado (LIU *et al.,* 2019).

Liu *et al*. (2021) concluem que as partes envolvidas diferem sobre suas responsabilidades diretas e indiretas. Contudo, é inegável a influência das políticas do governo central em promover o mercado de reciclagem dos REEE, instituídas por leis, regulamentos e com forte atuação estatal. No entanto, sociedade, produtores e recicladores desempenham papéis fundamentais nesse mercado e constituem elos centrais no processo de reciclagem. Sob essa perspectiva, é possível projetar políticas e ações que maximizem o mercado de reciclagem e provoquem mudanças de comportamento na sociedade como um todo, reduzindo a extração de novos recursos, dos danos ao meio ambiente e à saúde humana.

4.3 Estudo de caso Índia

A Índia com uma área territorial de 3.287,25 mil/km² é o segundo país com a maior população do mundo, sendo que do total estimado em 2021 de 1,39 bilhão de habitantes, 65% residem em áreas rurais e 35% residem em áreas urbanas, ou seja, 487,69 milhões de pessoas habitam as cidades do país. Apesar da predominância rural a urbanização cresce em torno de 2,3% a.a., padrões similares aos da China, que crescem em torno de 2,2% a.a. O crescimento anual do PIB entre 2010 e 2018 variou entre 5,2% e 8,5% a.a. Em 2019, o PIB cresceu 4% e alcançou 2,870 trilhões (US$), em 2020 recuou - 8% para 2,622 trilhões (US$), resultante dos efeitos da pandemia Covid 19, mas elevou-se para 3,173 trilhões (US$) em 2021. A renda per capita evolui de US$ 581,20 em 1990 para US$ 2.152,20 em 2019, retrocedendo em

2020 para US$ 1.961,32, crescendo para US$ 2.277,40 em 2021 (WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

No mercado dos eletroeletrônicos a Índia emergiu rapidamente nos últimos anos, elevando a participação do país na produção global para 3,6% em 2019. Atualmente, o país ocupa a segunda posição na fabricação de celulares do mundo. A fabricação de eletrônicos saltou de US$ 29 bilhões em 2014 para mais de US$ 75 bilhões em 2019/2020, oportunizando renda direta e indireta a mais de 13 milhões de pessoas. A produção do setor está segmentada em eletrônicos industriais (34%), celulares (24%), eletrônicos de estratégia (12%), hardware (7%), LEDs (2%) e outros eletrônicos de consumo (21%). O governo indiano espera com o avanço das tecnologias 5G e das *Iots*, impulsionadas pelas políticas *Make in Índia* e *Digital Índia*, o mercado de eletrônicos ultrapasse a avaliação de US$ 400 bilhões nos próximos cinco anos, hoje avaliada em US$ 118 bilhões. Além disso. a Índia também é polo de 1.140 centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de empresas multinacionais, que empregam mais de 900 mil pessoas. O programa *Make in índia* implantado em 2014 tem o objetivo de transformar a Índia em um polo de produção global. Incorporando os conceitos da Industria 4.0 no país pretende atrair investimentos estrangeiros e promover startups da área tecnológica com foco em setores como de produção de componentes, sistemas e equipamentos eletroeletrônicos e de produtos relacionados à tecnologia da informação e comunicação (TIC) (AGÊNCIA NACIONAL DE PROMOÇÃO E FACILITAÇÃO DE INVESTIMENTOS DA ÍNDIA, 2021, *online*). Já o programa *Digital Índia* lançado em 2015 tem a missão de tornar o país uma sociedade e economia digitalmente capacitada, com o desenvolvimento de bandas largas, conectividade móvel, acesso à internet pública, e-governança e serviços eletrônicos (DIGITAL ÍNDIA, 2021, *online*). São objetivos dessas políticas obter uma gestão integrada e sustentável dos recursos através da conscientização da sociedade e do mercado, da modernização e melhoria das tecnologias e do uso crescente de materiais secundários nos processos produtivos (DUTTA; GOEL, 2021).

Porém, o cenário de crescimento da população, da urbanização, das rendas individuais e da industrialização favorecem o aumento do consumo interno e da aquisição de eletroeletrônicos, que por sua vez geram mais REEE (ARYA; KUMAR, 2020; PATHAK et al., 2017). A Índia se coloca na terceira posição de maior gerador de REEE no mundo, que somada a China e aos Estados Unidos são responsáveis por 38% de todo REEE gerado no globo (UNITED NATIONS, 2021, *online*).

Com uma taxa de crescimento anual entre 21 e 25% (PATHAK et al., 2017), o país gerou 3.230 kt de REEE e 2,4 kg per capita em 2019. Dados de 2016 indicam que somente 30 kt foram coletados e reciclados nesse ano (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; FORTI *et al.*, 2020). Calcula-se que a indústria dos REEE já alcance US$ 3 bilhões ao ano (ABALANSA *et al.,* 2021). Segundo estudos de Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021) cerca de 146.000 toneladas de EEE se tornam obsoletos a cada ano na Índia. Estima-se que 90 a 95% dos REEE são coletados e tratados via atividades informais (ABALANSA *et al.,* 2021; ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK et al., 2017). Contudo, a Índia é o único país do sul da Ásia que possui legislação específica à gestão dos REEE e tem impulsionado o mercado formal de reciclagem no país (FORTI *et al.*, 2020).

4.3.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE

O governo da Índia tem empenhado esforços sobretudo na última década em implementar estruturas institucionais e legais à gestão dos REEE no país que, por sua vez, estão em constante avaliação e atualização (PATHAK *et al*., 2017).

Em 1986 a Índia instituiu a Lei de Proteção Ambiental, que definiu os tipos de poluição ambiental, mas não fez menção aos resíduos eletroeletrônicos. Em 1989 foi instaurada legislação acerca da gestão e manuseio de resíduos perigosos. Essa lei foi atualizada em 2000, 2003, 2008 e 2010 e determina quais resíduos são considerados perigosos e sua classificação, no qual se incluem os REEE, bem como regulamenta a gestão e o manuseio desses resíduos. A atualização de 2008 incluiu regras de movimentos transfronteiriços e a atualização de 2010 introduziu a necessidade de legislação específica aos REEE (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; PATHAK *et al*., 2017). Esses autores salientam que o aumento dos volumes de REEE e seus impactos ambientais levaram o governo a legislar de forma mais específica sobre REEE.

Em 1990 a Índia tornou-se signatária da Convenção de Basiléia sobre o controle de movimentos transfronteiriços e de sua ratificação em 1992 (BASEL CONVENTION, 2021, *online).* Em 2010 foi instituída a Lei de Gestão e Manuseio dos REEE, onde se estabeleceu as responsabilidades dos produtores, distribuidores, coletores, recicladores e consumidores de grandes quantidades de EEE. Porém, o

Ministério do Meio Ambiente e Florestas recebeu várias objeções e proposições de melhoria a essa lei de diversos atores desse mercado e; em 2011 foi promulgada a legislação atualizada, incorporando o princípio da Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsibility – EPR*). A *EPR* indiana foi definida como um sistema de coleta e canalização organizada dos REEE aos centros de coleta e às empresas recicladoras de forma individual ou coletiva. Essa legislação abriu caminho para outras políticas normativas, de subsídios e fiscais, bem como de campanhas de conscientização da população (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; GHOSH *et al*., 2016; PATHAK *et al*., 2017).

A regulamentação nomeada como Regras de Gestão e Manuseio do REEE, 2011 (*E-waste Management & Handling Rules*, 2011) foi divulgada em maio de 2011 e entrou em vigor a partir de 01 de maio de 2012. O Ministério do Meio Ambiente e Florestas (*Ministry of Environment & Forests – MoEF*) e o Conselho Central de Controle de Poluição (*Central Pollution Control Board – CPCB*), explicaram que o prazo dado entre a notificação e a vigência era necessário para a adequação de todos os *stakeholders* envolvidos. Além disso, o *MoEF* ressalta que a adoção do sistema de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPR*), no qual o produtor é responsável por gerenciar os EEE até o fim do seu ciclo de vida, financiando e organizando sistemas de *EPR* segue a tendencia de políticas adotadas em diversos países frente ao aumento dos volumes de REEE e o descarte inadequado no meio ambiente, causando danos ao meio ambiente e à saúde humana. Os REEE podem conter materiais perigosos, mas também valiosos e ações de reciclagem, mineração urbana devem ser cada vez mais incentivadas. O processamento dos REEE é realizado em grande parte por setores não organizados no país, que utilizam técnicas brutas, gerando poluição e necessitam de regulamentação para a coleta e tratamento dos REEE de forma adequada e segura. As categorias de EEE enquadradas nessa legislação são os equipamentos de tecnologia da informação, de telecomunicações e os de consumo como televisores, aparelhos de refrigeração e máquinas de lavagem (ÍNDIA, 2011).

Essa lei, em seu capítulo primeiro, item dois, estabelece que sua aplicação abrange todos os produtores, centros de coleta, desmontadores, recicladores, consumidores de grandes volumes de EEE e demais consumidores que se envolvam nos processos de fabricação, venda e compra de EEE e no processamento dos REEE. Porém, excetua a fabricação e manuseio de baterias, resíduos atômicos e as micro e pequenas empresas, pois possuem legislação específica. No caso particular das

micro e pequenas empresas, avaliou-se à época que elas não eram as maiores geradoras de REEE e sim as grandes empresas, mas seriam avaliadas por comitê específico (ÍNDIA, 2011).

No capítulo segundo o governo central conforme Índia (2011), através do Ministério do Meio Ambiente e Florestas define as responsabilidades dos *stakeholders* dentro do conceito adotado da Responsabilidade Estendida ao Produtor, que é a base da regulamentação de 2011. Dessa forma, as responsabilidades atribuídas em lei são:

(i) Conselhos Estaduais de Controle de Poluição (*State Pollution Control Board - SPCB*): analisar os projetos de sistemas *EPR* de produtores e importadores fisicamente instalados em seu Estado e, se aprovados, conceder autorização e registro; avaliar as propostas de instalação e funcionamento de centros de coleta, desmontadores e recicladores e, se aprovados, conceder autorização e registro; garantir que os sistemas *EPR* implantados pelos produtores e importadores, os centros de coletas, desmontadores e recicladores autorizados tenham capacidades técnicas e instalações adequadas ao manuseio e tratamento dos REEE de forma segura, monitorando periodicamente o cumprimento das condições autorizadas.

(ii) governos municipais: separar os REEE dos resíduos sólidos urbanos e canalizá-los aos centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados. As autoridades locais podem instalar pontos de coleta de REEE, desde que interligados a sistemas implantados de *EPR.*

(ii) produtores: diagnosticar seu cenário e projetar um sistema de coleta e canalização de REEE ambientalmente segura e saudável, de forma individual ou coletiva por meio de centros de coleta comum ou por participação em consórcios; coletar os REEE de consumidores individuais ou de grandes consumidores de volumes de EEE e canalizar os resíduos aos centros de coleta ou recicladores autorizados; conscientizar os consumidores para a eliminação segura dos REEE através de mídias escritas e digitais; informar os consumidores sobre a presença de materiais perigosos nos EEE; divulgar informações atualizadas dos centros de coleta associados. Os produtores podem se associar para o exercício da gestão EPR a grandes consumidores de EEE, ONGs, setor informal, associações de moradores, distribuidores e lojas de varejo.

(iii) centro de coleta: obter autorização de instalação e funcionamento junto aos Conselhos Estaduais de Controle de Poluição (*State Pollution Control Board - SPCB*), especificando todos os tipos e formas de coleta e armazenamento de REEE;

acondicionar e transportar os REEE de forma ambientalmente segura; enviar os materiais aos desmontadores e recicladores em até seis meses, sendo possível prorrogar para até um ano, quando não houver desmontadores e recicladores no Estado em questão e; devem fornecer relatórios anuais das atividades dos centros de coleta aos *SPCB*. Os produtores são responsáveis por criar e organizar os centros de coleta de forma individual ou coletiva denominados centros de coleta comum, que podem ser configurados como uma agência, associação ou como uma sociedade registrada. A coleta pode ser realizada via disposição em lixeiras apropriadas aos resíduos eletroeletrônicos ou por recolhimento porta a porta por vans móveis. Os pontos de coleta podem ser dispostos em redes varejistas e em outros comércios, escritórios, pontos de atendimento ao cliente, instituições de ensino, áreas residenciais, ONGs voltadas ao trabalho de catadores e associações de bairro entre outros. O local da coleta deve conter informações de referência dos centros de coleta autorizados. A área de armazenamento dos REEE deve ser proporcional aos volumes coletados. Os resíduos de equipamentos de TI e de telecomunicações devem ser conservados em locais cobertos, enquanto resíduos de aparelhos de refrigeração e de lavagem podem ser mantidos em locais abertos.

(iv) consumidores usuais e de grandes volumes de EEE: os consumidores de EEE listados nessa regulamentação devem canalizar os REEE aos centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados. Além disso, os grandes consumidores de EEE devem manter registros dos REEE gerados e disponíveis aos órgãos e comitês de controle da poluição. Define-se como consumidores de grandes volumes de EEE: órgãos do governo central e estaduais, empreendimentos públicos, instituições de ensino, bancos, organizações multinacionais e empresas de maior porte.

(v) desmontadores: obter autorização de instalação e funcionamento junto ao *SPCB*; garantir que as instalações e os processos utilizados não causem nenhum dano ambiental e assegurar que os materiais sejam enviados à recicladores autorizados. Em relação aos processos operacionais, os desmontadores são responsáveis por descontaminar os REEE, separando e acondicionando os materiais perigosos de forma adequada e segura; desmontar os resíduos utilizando ferramentas, métodos, equipamentos de segurança individual (EPIs) e de controle da poluição apropriados e; segregar e reduzir o tamanho dos resíduos por processos manuais ou mecanizados. Os desmontadores podem ser pessoas físicas ou jurídicas estabelecidas como sociedade registrada, empresa, agência ou associação.

(vi) recicladores: obter autorização de instalação e funcionamento junto ao *SPCB*; garantir que as instalações e os processos de reciclagem utilizados não causem nenhum dano ambiental e estejam em conformidade com os padrões divulgados pelo *SPCB*; assegurar que os materiais sejam enviados às indústrias formalizadas; garantir que os resíduos não recicláveis ou não recuperados tenham a disposição final em locais apropriados a resíduos perigosos; fornecer informações e dados solicitados ao *SPCB* conforme regras em vigor. As instalações das recicladoras devem conter ambientes separados para o armazenamento dos materiais recebidos dos segregados, áreas próprias para a desmontagem e outra para a reciclagem, além de espaço físico para a administração e outros setores afins. Os processos de reciclagem manuais ou mecanizados podem envolver operações de trituração, moagem, enriquecimento, piro e hidro metalúrgicas, fundição, eletro extração, fusão, moldagem, corte de tubo de raios catódicos (CRT) e reciclagem de cartucho de toner.

Por fim, o capítulo cinco da referida lei determina a redução de materiais perigosos limitando a concentração de chumbo, mercúrio, cádmio, cromo entre outros na fabricação de EEE. Esses limites são da mesma forma aplicados aos produtos importados (ÍNDIA, 2011).

Em 2016, a regulamentação sobre a gestão de REEE foi novamente atualizada buscando aprimorar suas regras a fim de viabilizar a expansão do mercado de reciclagem. A revisão introduziu as Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organization – PRO*), uma abordagem de metas e flexibilizações ao sistema da *EPR* como a possibilidade de permutas de REEE. Em adição, foram atribuídas responsabilidades de produtores às empresas do varejo online (*e-retailer*), os consumidores de EEE em grande escala passaram a ter a obrigação de prestar declarações anuais de suas atividades, o transporte interestadual de REEE foi fortalecido com mais mecanismos de fiscalização e controle e os governos estaduais foram incumbidos de criar espaços para a capacitação dos trabalhadores nos processos inerentes a gestão dos REEE (MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2016).

A Lei de Gestão do REEE, 2016 (*E-Waste Management Rules*, 2016) foi publicada em 23 de março de 2016 com vigência a partir de 01 de outubro de 2016. De forma geral o capítulo primeiro detalha o significado de cada conceito abordado na regulamentação, o capítulo dois descreve as responsabilidades dos principais *stakeholders* envolvidos na gestão dos REEE, o capítulo três traz os procedimentos

para a concessão de autorizações de atividades inerentes aos processos que envolvem os REEE, o capitulo quatro mantem as condições de armazenamento dos REEE, o capítulo cinco sustenta os limites de utilização de materiais perigosos nos EEE e o capítulo seis finaliza com observações pontuais sobre determinadas atribuições e procedimentos (ÍNDIA, 2016a).

Em comparação a versão da legislação de 2011, cabe destacar os seguintes pontos que foram alterados ou inseridos na Lei de Gestão do REEE, 2016: (i) inclusão de *stakeholders*: fabricantes de produtos diversos que gerem resíduos eletroeletrônicos, distribuidores e recondicionadores passam a ter responsabilidades de gestão de REEE; (ii) produtores: os distribuidores, varejistas e varejistas eletrônicos (*e-retailer*) são categorizados como produtores para efeitos da disposição da lei; (iii) autorização ao produtor: a permissão aos produtores de EEE para a gestão dos REEE passa a ser de competência do governo central através do Conselho Central de Controle de Poluição (*Central Pollution Control Board – CPCB*) e não mais dos governos estaduais; (iv) responsabilidades dos principais *stakeholders*: as obrigações de cada parte envolvida na gestão dos REEE são mais detalhadas nessa atualização da lei; (v) consumidores de grandes volumes de EEE: devem apresentar relatórios anuais de geração e gestão de REEE aos Conselhos Estaduais de Controle da Poluição; (vi) lâmpadas fluorescentes ou que contenham mercúrio: estão incluídas na categoria de consumo dos EEE enquadrados pela lei; (vii) plano de Responsabilidade Estendida do Produtor (*EPR*): os *stakeholders* categorizados como produtores devem apresentar um plano de *EPR* ao Conselho Central de Controle da Poluição quando solicitarem permissão para a gestão de REEE, no qual devem detalhar os sistemas que adotarão para a canalização dos resíduos; (viii) metas: para a implementação dos sistemas *EPR*: os produtores passam a ter metas de coleta de REEE em quantidade/peso baseados na estimativa de geração de resíduos apontado no Plano de Responsabilidade Estendida ao Produtor quando da autorização junto ao *CPCB*, que é de 30% nos dois primeiros anos de implantação do EPR, 40% do terceiro ao quarto ano, 50% do quinto ao sexto e a partir do sétimo ano se eleva para 70%; (ix) Organização de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organization – PRO*): os produtores ao optarem pelo sistema coletivo de Responsabilidade Estendida ao Produtor podem se afiliar a Organizações de Responsabilidade do Produtor (PRO), permutar resíduos eletroeletrônicos ou podem aderir a ambas. De acordo com capítulo primeiro, seção três, item dd dessa lei, uma

Organização de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organization – PRO*) realiza a gestão de REEE em nome de produtores individuais ou por coletivos associados, assumindo a responsabilidade de coletar e canalizar os REEE oriundos de sua produção de forma adequada e segura ao meio ambiente; (x) diretrizes do Conselho Central de Controle de Poluição (*Central Pollution Control Board – CPCB*): o *CPCB* é incumbido de traçar diretrizes específicas para implantar a EPR ambientalmente segura nos processos de canalização, dos centros de coleta, de transporte e armazenagem, de desmonte e reciclagem dos REEE, bem como nos testes de parâmetros de resíduos perigosos em amostragens de EEE. Para tal, o *CPCB* formatou o guia Diretrizes sobre a Implementação de Regras (Gerenciamento) do Resíduo Eletroeletrônico, 2016 (*Guidelines on Implementation of E-Waste Management Rules*, 2016) para facilitar o entendimento e a aplicação da referida lei pelos agentes envolvidos (ÍNDIA, 2016a).

O guia sobre a gestão dos REEE (2016) tem o objetivo de assegurar a implementação da regulamentação e definir de forma clara e objetiva as responsabilidades dos principais *stakeholders*. No guia são detalhados a formatação técnica dos planos de Responsabilidade Estendida ao Produtor desde o cálculo da estimativa de geração de REEE até os meios seguros e adequados de canalização dos resíduos. Em adição, há o detalhamento técnico das responsabilidades dos agentes envolvidos, dos requisitos essenciais às instalações de coleta, desmonte e reciclagem dos REEE e dos processos permitidos e como devem ser realizados. O guia insere em todas as fases da gestão dos REEE maior rigor dos registros de coleta, desmonte, reciclagem e das instalações para a realização desses processos. Além disso, cabe destacar alguns tópicos de responsabilização aos produtores como os de conscientizar a sociedade e o mercado à canalização correta dos REEE, tornar público informações sobre seus centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados e divulgar aos consumidores políticas de incentivo de retorno dos REEE. Os produtores podem manter banco de dados de consumidores com a finalidade de contato futuro para a coleta de EEE em fim do ciclo de vida. Caso o produtor autorize outro à gestão dos REEE de sua responsabilidade, o valor cobrado do consumidor no momento da venda deve ser divulgado e repassado ao gestor final (regime de reembolso de depósito). De outra parte, os consumidores não podem descartar os REEE nas lixeiras municipais e devem canalizar os resíduos aos meios autorizados (ÍNDIA, 2016b). O regime de reembolso de depósito consiste em um esquema onde

uma parte do valor de venda do EEE é retido pelo produtor e devolvido ao consumidor quando esses equipamentos em fim de vida forem devolvidos através de centros de coleta autorizados (PATHAK *et al*., 2017).

Em 22 de março de 2018 o Governo da Índia, através do Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas (*Ministry of Environment, Forest and Climate Change - MoEF&CC*) expediu a notificação *G.S.R. 261 (E) - E-waste (Management) Amendment Rules, 2018* (Lei de alteração da gestão do REEE, 2018). Essa regulamentação alterou alguns tópicos da legislação de 2016, sendo os de maior destaque: (i) as metas de coleta de REEE pelos produtores com base na previsão em peso do plano de Responsabilidade Estendida ao Produtor foram reformuladas para 10% da quantidade da geração de 2017 para 2018, com acréscimo gradual de 10% a cada ano até 2023, quando se alcançará o objetivo de 70% de canalização dos REEE gerados pelos produtores; (ii) as metas para os novos produtores foram alteradas para 5% nos anos de 2018 e 2019, 10% em 2020 e 2021, 15% em 2022 e 2023, 20% a partir de 2023. As metas são calculadas com base no peso de geração de resíduos do ano anterior; (iii) o Conselho Central de Controle da Poluição (*Central Pollution Control Board – CPCB*) passa a expedir o registro das Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organization – PRO);* (iv) os testes de amostragem de EEE para averiguar o cumprimento da disposição da lei de redução de substâncias perigosas são custeadas pelo governo, entretanto, se os equipamentos apresentarem inconformidades os custos são repassados aos produtores, que devem retirar os produtos do mercado (ARYA; KUMAR, 2020; BORTHAKUR, 2020; ÍNDIA, 2018).

Em resumo, o Quadro 40 sintetiza as principais legislações de abrangência nacional relacionadas aos REEE aplicadas na Índia. Constata-se que o Governo da Índia passou a legislar sobre os temas ambientais com maior intento a partir de 1986 e em 1989 incluiu os REEE como resíduos perigosos. A legislação específica à gestão dos REEE foi promulgada em 2010 e atualizada em 2011, incorporando a política da Responsabilidade Estendida ao Produtor e de redução de substâncias perigosas nos EEE fabricados ou importados. Em 2016 a regulamentação sobre a gestão dos REEE foi ampliada, inserindo a função das Organizações de Responsabilidade do Produtor como gestoras dos REEE, incluiu sistemas de metas de coleta, delegou aos Estados a formatação e gerenciamento de planos estaduais de gestão de REEE, reconhecendo todos os trabalhadores envolvidos nos processos inerentes a coleta,

desmontagem e reciclagem dos REEE (formal e informal), com planos de integração e capacitação dos trabalhadores. Em 2018, o Governo da Índia retificou as metas de coleta de REEE para os produtores de EEE com o objetivo final de em 2023 canalizar 70% desses resíduos aos meios autorizados.

Quadro 40 – Índia: legislação nacional

Legislação	**Objetivos**
Lei de proteção ambiental - 1986	Define os tipos de poluição ambiental sem constar os REEE.
Lei de gestão e manuseio de resíduos perigosos – 1989, 2000, 2003, 2008 e 2010	Define e classifica os resíduos perigosos. Regulamenta a gestão e o manuseio dos resíduos perigosos. Incluir regras de transporte de REEE.
Convenção da Basiléia - 1990 Acordo internacional multilateral	Adoção à Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e Seu Descarte e a sua ratificação.
Lei de gestão e manuseio de REEE – 2010, 2011	Normatiza a gestão e manuseio dos REEE. Incorpora a Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPR*). Restringe o uso de materiais perigosos na fabricação e importação de EEE.
Lei de gestão de REEE - 2016	Regulamenta a gestão dos REEE. Enquadra os fabricantes que geram REEE, os distribuidores, os varejistas em redes físicas ou eletrônicas e os recondicionadores na disposição da lei. O registro dos produtores de EEE passam a ser competência do Conselho Central de Controle da Poluição *(CPCB).* Insere o Plano de *EPR* aos produtores e inclui sistema de metas a sua implementação. Inclui as Organização de Responsabilidade do Produtor *(PRO)* como gestoras autorizadas de REEE e permite a permuta de REEE. Determina ao Conselho Central de Controle de Poluição *(CPCB)* que estabeleça diretrizes específicas aos processos e agentes envolvidos na gestão dos REEE. Define que os Governos Estaduais implementem planos de gestão de REEE conforme lei nacional, reconhecendo todos os trabalhadores envolvidos nos processos de coleta, desmonte e reciclagem desses resíduos.
Lei de alteração da gestão de REEE - 2018	Altera as metas de coleta dos REEE pelos produtores com escala gradual anual de 10 a 70% entre 2018 e 2023. Altera as metas de coleta dos REEE dos novos produtores com escala gradual anual de 5% a 20% entre 2018 e 2023. O registro das Organizações de Responsabilidade do Produtor *(PRO)* passam a ser competência do Conselho Central de Controle da Poluição *(CPCB).* Os custeios com os testes de EEE para avaliar a redução de substâncias perigosas são custeados pelos produtores somente quando estiverem inconformes.

Fonte: India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Pathak *et al*. (2017), Borthakur (2020), Forti *et al*. (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021)

O Quadro 41 e 42 apresentam a função das estruturas institucionais por nível de abrangência e os instrumentos legais e de conformidade para a gestão dos resíduos sólidos relacionados aos REEE, citando o ano de sua instituição.

Quadro 41 – Índia: estruturas legais

Estruturas legais	Nível	Função
Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas *(Ministry of Environment, Forest and Climate Change – MoEF&CC)*	Nacional	Formatar e implantar políticas públicas ambientais nacionais, articulando e pactuando com as partes envolvidas. Regulamentar as atividades e instalações de manuseio e tratamento dos REEE.
Conselho Central de Controle de Poluição *(Central Pollution Control Board – CPCB)*	Nacional	Conceder autorização de gestão de REEE aos produtores e às organizações gestoras da responsabilidade estendida ao produtor. Estabelecer diretrizes para a implementação da regulamentação da gestão dos REEE.
Governos Estaduais	Estadual	Implementar planos estaduais de gerenciamento dos REEE ambientalmente seguros.
Conselhos Estaduais de Controle de Poluição (*State Pollution Control Board - SPCB*)	Estadual	Conceder autorização de funcionamento dos centros de coleta, desmontadores, recondicionadores e recicladores. Monitorar a implementação da regulamentação da gestão dos REEE, bem como as instalações dessa cadeia de valor.

Fonte: India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Pathak *et al*. (2017), Borthakur (2020), Forti *et al*. (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021)

Quadro 42 – Índia: instrumentos legais e de conformidade

Instrumentos Legais e de Conformidade	Função
Diretrizes sobre a Implementação de Regras (Gerenciamento) do Resíduo Eletroeletrônico - 2016	Estabelece diretrizes nacionais que garantam a implementação da regulamentação da gestão dos REEE. Define as responsabilidades dos *stakeholders* envolvidos na gestão dos REEE.
Autorização de registro de gestão de REEE do Conselho Central de Controle da Poluição - 2016	Concede autorização e renovação de registro aos produtores de EEE e às organizações gestoras da responsabilidade estendida ao produtor para a gestão de REEE.
Autorização de registro de atividades dos Conselhos Estaduais de Controle da Poluição – 2011, 2016	Concede autorização e renovação de registro de atividades inerentes à gestão dos REEE aos fabricantes que gerem REEE, centros de coleta, desmontadores, recondicionadores e recicladores.
Planos de Responsabilidade Estendida ao Produtor - 2011	Detalha o esquema de canalização dos REEE dos produtores. Informa os centros de coleta, os desmontadores e os recicladores, bem como as instalações, tratamentos e disposição final a serem utilizados na gestão dos REEE.
Planos Estaduais de Gestão de REEE – 2016	Estabelece a diretiva estadual para a implementação do gerenciamento dos REEE, buscando integrar todas as partes envolvidas.

Fonte: India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Pathak *et al*. (2017), Borthakur (2020), Forti *et al*. (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021)

Verifica-se que o Governo da Índia utiliza as esferas de governo nacional e estadual para a gestão dos REEE. Na esfera nacional o Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas articula os poderes para a formatação e implementação das regulamentações nacionais sobre o tema e centraliza no Conselho Central de Controle da Poluição as autorizações e renovações de registro dos produtores e das organizações gestoras, além de manter público os planos *EPRs* desses *stakeholders*. Na esfera estadual, o governo dos Estados implementa planos de gerenciamento de REEE e centraliza nos Conselhos de Controle da Poluição (Estaduais) o registro de atividades dos demais *stakeholders* envolvidos nos processos de gestão dos REEE, monitorando suas atividades e instalações.

Observa-se que o Governo da Índia, desde a primeira legislação específica sobre a gestão dos REEE em 2010, busca atualizar as regras (2011, 2016, 2018) em resposta às objeções e proposições das partes envolvidas adequando-as à realidade nacional. Além disso, nota-se que essas regulamentações procuram definir claramente as responsabilidades de todos os *stakeholders* envolvidos nesses processos que são descritas a seguir.

4.3.2 Atores nos processos inerentes aos REEE

Os atores envolvidos nas atividades inerentes aos REEE na Índia são agrupados em três categorias: (i) governo; (ii) mercado e (iii) sociedade conforme classificação de Monteiro (2019) e Vieira *et al.* (2020). O Quadro 43 apresenta e classifica os atores identificados no estudo do caso Índia e a Figura 35 situa os atores na cadeia de valor dos REEE do país.

Quadro 43 – Índia: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE

Atores	**Função na gestão de resíduos e de REEE**
Governo	
Governo nacional	Instituir leis, regulamentos e diretrizes específicas aos processos e agentes envolvidos na gestão dos REEE. Conceder permissão de gestão dos REEE aos produtores e *PROs.* Promover o desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem. Autorizar e fiscalizar a importação de REEE e de EEE usados. Promover a conscientização e capacitação das partes envolvidas.

	Oportunizar a integração do setor informal ao formal.
Governos estaduais	Estabelecer planos de gerenciamento de resíduos a nível estadual para implementar os planos nacionais de gestão de REEE. Criar espaços para a capacitação de trabalhadores nos processos inerentes a gestão dos REEE. Autorizar a implantação de sistemas *EPR* de fabricantes/ importadores, dos centros de coleta, desmontadores, recondicionadores e recicladores. Assegurar que os *stakeholders* mantenham instalações e capacidades técnicas adequadas ao tratamento dos REEE. Auxiliar a associação de trabalhadores atuantes nos processos de separação e desmontagem.
Governos municipais	Criar estratégias eficazes de gestão dos resíduos urbanos. Separar os REEE dos resíduos sólidos urbanos e canalizar aos centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados. Participar da conscientização da sociedade.
Mercado	
Produtores e importadores de EEE, varejista físicos e eletrônicos (*e-retailers*) *(formal dealers)*	Implementar sistemas *EPR* de forma individual ou coletiva, coletando REEE dos consumidores e canalizando-os aos centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados. Implantar o Programa de Reembolso de Depósito *(Deposit Refund Sachem).* Participar da conscientização da sociedade.
Fabricantes	Canalizar os REEE aos centros de coleta, recicladores ou efetuar o descarte ambientalmente adequado. Utilizar materiais recuperados ou reciclados.
Organizações de Responsabilidade do Produtor *(PRO)*	Estruturar, implantar, operacionalizar e gerir redes de canalização de REEE aos meios autorizados.
Revendedores/Distribuidores *(dealers)*	Dispor local apropriado ao descarte de REEE pelos consumidores. Coletar e canalizar os REEE aos meios autorizados.
Catadores de recicláveis – porta em porta (k*abadiwalas/ kawariwalas)*	Coletar/comprar recicláveis de porta em porta. Revender os resíduos aos intermediários. Proceder a destinação adequada dos REEE
Intermediários – comerciantes de pequeno porte *(scrap dealers)*	Comprar e revender os EEE usados e seus resíduos aos recondicionadores/reparadores e desmontadores.
Intermediários – sucateiros atacadistas *(wholesalers/kabadi shops)*	Comprar/coletar e separar os REEE por tipo. Revender os REEE às recicladoras ou a outros intermediários conforme o tipo de resíduo.
Centros de coleta (*collection centers)*	Coletar e armazenar os REEE em instalações apropriadas. Enviar os materiais aos desmontadores autorizados.
Recondicionadores/ reparadores *(refurbishers/* repair)	Reconstruir ou consertar EEE usados com defeitos. Revender EEE usados funcionais. Coletar e canalizar os REEE gerados no processo de recondicionamento e conserto aos meios autorizados.

Desmontadores *(dismantler)*	Desmontar e separar materiais dos REEE em recicláveis e não recicláveis. Revender os materiais segregados a recicladores, à indústria ou a outros intermediários. Descartar os materiais não recicláveis em locais autorizados.
Recicladores *(recyclers)*	Manter instalações e processos de reciclagem de REEE em conformidade às diretrizes do *CPCB.* Enviar os materiais às indústrias formalizadas. Descartar os resíduos não recicláveis em locais autorizados.
Sociedade	
Consumidores individuais e de escala *(consumer/ bulk consumer)*	Compradores de EEE. Separar e canalizar os REEE aos meios autorizados. Devolver os REEE aos produtores por seus meios de coleta.
Organizações Não Governamentais (ONGs)	Atuar na defesa, na pesquisa e desenvolvimento, na conscientização e capacitação das partes envolvidas nas instituições de ensino e nos grupos de atores informais para a gestão sustentável dos REEE.
Associações e Órgãos autônomos	Gerar oportunidade de renda com base em técnicas ecológicas e limpas e constituir coletivamente ganho de escala em negociações comerciais. Capacitar os grupos de trabalhadores informais, inserir práticas de segurança, saúde ocupacional e de proteção ambiental.
Centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) - Institutos	Desenvolver tecnologias de reciclagem de materiais adequadas à realidade do país. Atuar em programas de sensibilização da sociedade e capacitação das partes envolvidas.
Meios de comunicação - tradicionais e sociais	Meios de difusão da informação. Sensibilizar a sociedade ao consumo sustentável e descarte adequado.

Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al*. (2021), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Arya e Kumar (2020), Awasthi e Li (2017), Borthakur (2020), Borthakur e Singh (2021), Dutta e Goel (2021), Forti *et al*. (2020), Ghosh *et al*. (2016), India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Pathak *et al*. (2017), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Kumar e Dixit (2018), Pathak *et al*. (2017)

Figura 35 – Índia: cadeia de valor dos REEE

Fonte: Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al*. (2021), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Arya e Kumar (2020), Awasthi e Li (2017), Borthakur (2020), Borthakur e Singh (2021), Dutta e Goel (2021), Forti *et al*. (2020), Ghosh *et al*. (2016), India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Pathak *et al*. (2017), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Kumar e Dixit (2018), Pathak *et al*. (2017).

Verifica-se que os processos contidos na gestão dos REEE na Índia envolvem diversos atores formais e informais. A instituição de legislação específica à gestão dos REEE em 2010/2011 abriu caminho para a implantação de estruturas formais, que passaram a interagir com o mercado informal histórico e culturalmente construído.

Em relação às funções dos atores formais, Pathak *et al*. (2017) observa que produtores, fabricantes que geram REEE, centros de coleta, revendedores, recondicionadores, grandes consumidores e recicladores devem assegurar o armazenamento e o transporte de REEE conforme especificações do *CPCB*, além de

manter registros das atividades que envolvam esses resíduos para envio ou manter a disposição dos Conselhos de Controle da Poluição conforme legislação vigente.

Na esfera nacional de governo o Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas (*MoEF&CC*) é o órgão responsável por regular e estabelecer diretrizes à gestão dos REEE no país (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021). Arya e Kumar (2020) explicam que o êxito da implementação da regulamentação da gestão dos REEE depende também do desempenho de outros órgãos governamentais e de órgãos autônomos, instituições, empresas privadas e das ONGs. Nesse sentido, o Ministério da Eletrônica e da Tecnologia da Informação (*Ministry of Electronics and Information Technology - MeitY*) desenvolve tecnologias para a reciclagem de materiais e realiza treinamentos para a capacitação e conscientização entre as partes envolvidas; a Direção-geral do Comércio Externo (*The Directorate General of Foreign Trade - DGFT*), as autoridades portuárias e alfandegárias analisam, autorizam e fiscalizam a importação de REEE e de EEE de segunda mão e; os Órgãos Locais Urbanos (*Urban Local Bodies - ULB's*) atuam na separação dos resíduos sólidos urbanos e canalizam os REEE órfãos aos centros de coleta autorizados. Além disso, os centros de P&D do Instituto Indiano de Tecnologias (*Indian Institute of Technologies - IIT's)*, do Instituto Nacional de Tecnologias (*National Institute of Technologies - NIT's)*, do Instituto Nacional de Eletrônica e Tecnologia da Informação (*National Institute of Electronics and Information Technology – NEILIT*) e do Instituto Nacional de Pesquisa de Engenharia Ambiental (*CSIR - National Environmental Engineering ResearchInstitute - CSIR-NEERI*) contribuem para as ações do *MeitY* e do *MoEF&CC*. A Associação de Fabricantes de Tecnologia da Informação (*Manufacturer Association of Information Technology – MAIT*) e Organizações Não Governamentais como SAHAAS Zero Waste, Centro de Ciência e Meio Ambiente (*Centre for Science & Environment - CSE*), Toxic Link, Grupo Ambiental Chintan (*Chintan Environmental Group*), Grupo de Ação (*Action Group*), Fundação Indiana para o Desenvolvimento *(Indian Development Foundation*) e a Shuddhi também agem na defesa, na pesquisa, na conscientização e capacitação das partes envolvidas, bem como nas instituições de ensino e grupos de atores informais para a gestão sustentável dos REEE.

O aumento exponencial do mercado de equipamentos eletroeletrônicos e de seus resíduos favorece a atuação dos diversos grupos de atores formais e informais nas várias etapas da cadeia de valor dos REEE (PATHAK *et al*., 2017). Calcula-se

que o mercado de reciclagem de REEE gere 450 mil empregos diretos e 180 mil indiretos em todo o país (ABALANSA *et al*., 2021).

Contudo, a reciclagem dos REEE é em sua maioria (95%) realizada por grupos de atores informais que se encontram nos espaços urbanos e semiurbanos da Índia, gerando renda a milhares de pessoas carentes. Considera-se que 80% dos trabalhadores envolvidos no setor informal dos REEE situam-se na base hierárquica da Índia. A reciclagem informal é conhecida na Índia como reciclagem de quintal *(backyard recycling)*, onde os resíduos são coletados, separados, tratados e processados por trabalhadores não capacitados com técnicas rudimentares e inadequadas, o que impõe riscos ao meio ambiente, à saúde do trabalhador e a sua família, inclusive das crianças, que frequentemente contribuem no trabalho de coleta, separação e tratamento. (ABALANSA *et al*., 2021; ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; GHOSH *et al*., 2016; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK *et al*., 2017). Estima-se que cerca de 500 mil crianças com idade inferior a 16 anos estejam trabalhando em atividades informais que envolvam os REEE no país (ABALANSA *et al*., 2021; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; KUMAR; DIXIT, 2018; PATHAK *et al*., 2017).

Abalansa *et al*. (2021) explanam que o mercado informal de REEE se concentra sobretudo em áreas dos centros urbanos como de Delhi com cerca de 25 mil trabalhadores e de Seelampur com mais de 30 mil pessoas envolvidas nas atividades informais desse mercado. A renda média dos trabalhadores do mercado de REEE é de US$ 72,80 e US$ 286,00 ao mês. Em comparação, no Brasil é de US$ 184,00 e na China é de US$ 58,50. Esses autores relatam que o mercado de REEE geram fluxos de migração interna (de Bengala Ocidental, Bilhar e Uttar Pradesh) e externa (de Bangladesh) para as grandes cidades em busca de trabalho nas atividades informais dos REEE.

Na coleta informal atuam os catadores de recicláveis de porta em porta (*kabadiwalas/* kawariwalas*)* que coletam e compram os REEE nas residências e os revendem a outros intermediários (ARYA; KUMAR, 2020; ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; AWASTHI; LI, 2017). Esses catadores e os comerciantes intermediários de pequeno porte *(scrap dealers)* normalmente realizam uma separação simples por tipos de EEE usados e de seus resíduos e os revendem aos grandes comerciantes/atacadistas (*kabadi shops wholesalers),* que por sua vez realizam mais uma segregação dos equipamentos e materiais. Os EEE usados que

podem ser reparáveis são vendidos aos recondicionadores (*refurbishers*) e os REEE são negociados com as recicladoras (GHOSH *et al*., 2016). De acordo com Arya e Kumar (2020) 25-30% dos REEE são reutilizados e os restantes 70-75% são descartados em lixões ou em outras áreas públicas inapropriadas.

O setor de reciclagem formal de REEE na Índia se encontra em fases iniciais de implantação com poucas unidades em pleno funcionamento processando cerca de 5% dos REEE gerados (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; DUTTA; GOEL, 2021). Entretanto, Forti *et al.* (2020) destaca que a instituição de legislação específica à gestão dos REEE impulsionou os investimentos para a implantação de empresas recicladoras e a constituição de Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organisation - PRO*), que já somam 31 organizações registradas no *CPCB.* As *PROs* operam na logística reversa dos REEE dos produtores afiliados, bem como na governança do sistema e na conscientização da sociedade para o descarte seguro e adequado.

Em 2014, o *CPCB* registrou 138 empresas de reciclagem com capacidade de tratamento de REEE superior a 35 mil toneladas ao ano. Em 2016, havia 178 empresas cadastradas com capacidade de 44 mil toneladas ano. Em 2020 o número expandiu para 312 desmontadoras e recicladoras com capacidade de 78 mil toneladas ano (ARYA; KUMAR, 2020; FORTI *et al.,* 2020) e em 2021 o *CPCB* informou haver 407 estabelecimentos de coleta e reciclagem de REEE (DUTTA; GOEL, 2021).

Entre as recicladoras se destacam a Attero Recycling, Uttar Pradesh, Trishyiraya Recycling India Private Limited, EcoReco, e a E-Parisara. Esse setor conta com o apoio do governo nacional na regulação do mercado, no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem adequadas à realidade do país, na capacitação dos trabalhadores e na integração do setor informal (coleta) com o setor formal (recuperação e reciclagem). Como exemplo, o Ministério da Eletrônica e da Tecnologia da Informação (*Ministry of Electronics and Information Technology - MeitY*) desenvolveu dois modelos de reciclagem de placas de circuito impresso, sendo que um processa 1.000 kg/dia a ser utilizado em grande escala pelas recicladoras e outro processa 100 kg/dia a ser empregado por recicladores de pequeno porte e pelo setor informal (ARYA; KUMAR, 2020).

Por outro lado, enquanto os consumidores de grandes volumes de EEE (ex: órgãos governamentais) costumam leiloar seus REEE abastecendo em grande medida o mercado de reciclagem, as famílias indianas mantem o hábito de armazenar

EEE obsoletos em suas residências por um longo tempo, o que dificulta a implantação de sistemas de logística reversa e o êxito dos planos *EPR* dos produtores e das *PROs*. Os consumidores indianos, semelhante aos chineses, consideram os EEE usados e seus resíduos como mercadorias de valor e não os descartam facilmente sem um benefício financeiro. Eles preferem vender os REEE aos catadores de recicláveis informais, que atuam de porta em porta, negociando os EEE obsoletos e seus resíduos. Resultados de pesquisas aplicadas aos consumidores apontam que cerca de 75% dos EEE obsoletos são armazenados por até 14 anos e são negociados no mercado de segunda mão por até três vezes (BORTHAKUR; GOVIND, 2017). Borthakur e Singh (2021) complementam que os consumidores indianos mantêm a preferência de primeiro reparar os EEE com algum defeito antes do seu descarte.

Todavia, há de se ponderar em uma análise de cenários futuros que o mercado digital indiano é um dos que mais cresceu na última década. Em 2018, a venda de *smartphones* registrou uma expansão de 14,5% com 142,3 milhões de novos aparelhos inseridos no mercado. Calcula-se que os eletrônicos de uso pessoal (celulares, notebooks, tablets, computadores etc.) já sejam responsáveis por 82% dos REEE do país (BORTHAKUR; SINGH, 2021). Borthakur e Govind (2017) alegam que uma grande parcela da população, mesmo em grandes centros urbanos como de Nova Delhi, não tem o conhecimento de como ou onde descartar os REEE de forma segura e adequada e se o possui não tem a conscientização ambiental para tal.

Mumbai e Nova Delhi são as metrópoles indianas que mais geram REEE no país, com cerca de 200-300 toneladas ano em 2020, sendo que Delhi tem a maior geração per capita (ARYA; KUMAR, 2020; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; KOSHTA; PATRA; SINGH, 2021; THE TIMES OF INDIA, 2021, *online*).

4.3.3 REEE na metrópole Delhi

Delhi está situada ao norte da Índia e interliga importantes rotas comerciais do oeste e leste do país. O território da capital nacional de Delhi (*National Capital Territory – NCT of Delhi)* é formada por Delhi (Velha Delhi) e por Nova Delhi, que é a capital do país. Delhi está subdividida em 11 distritos e é governada pelo sistema de diarquia, no qual o governo central do país e o governo local compartilham a administração da cidade. Em uma área de 1.484 km² a metrópole Delhi no censo de 2011 registrou uma população de 16,8 milhões de habitantes (GOVERNMENT OF

NATIONAL CAPITAL TERRITORY OF DELHI, 2021a, *online*). Em 2018, o relatório das Nações Unidas sobre as perspectivas da urbanização mundial calculou uma população de 28,5 milhões de habitantes para a metrópole Delhi (UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION, 2018).

O governo de Delhi, alinhado à estratégia nacional da Índia Digital, investe em políticas e ações que fomentem o mercado de TI, incentivando e viabilizando centros de pesquisa e desenvolvimento, núcleos de *startups* e a formação de mercado propicio a investimentos nacionais e estrangeiros. Em 2018 as exportações de *software* dos Parques de Tecnologia de Software da nstalados em Delhi somaram US$ 338,17 milhões (INDIA BRAND EQUITY FOUNDATION, 2021, *online*[12]; PARVEEN *et al*. 2019).

O Produto Interno Bruto (PIB) de Delhi para 2020 é calculado em US$ 108,33 bilhões, alcançando um crescimento de 7,70% entre 2015 e 2020 (INDIA BRAND EQUITY FOUNDATION, 2021, *online*). O PIB de Delhi representa cerca de 4,08% do PIB da Índia em 2020, enquanto sua população representa 1,51% do total do país. O cálculo de crescimento do PIB leva em consideração a retração da economia em 2020 de 3,92%, resultante das medidas ao enfrentamento da pandemia ao Covid-19. A renda per capita de Delhi alcançou US$ 5.063,90 em 2019 e recuou para US$ 4.764,86 em 2020, mas manteve-se como segunda maior renda per capita do país atras de Goa com US$ 6.346,04 (2020) e a frente da renda per capita nacional de US$ 1.803,31 (2019) e US$ 1,717,06 (2020) (GOVERNMENT OF NATIONAL CAPITAL TERRITORY OF DELHI, 2021b). A revisão das estimativas de formação do PIB de Delhi calculam que o setor primário da metrópole reduziu sua contribuição de 2,31% para 1,85% entre 2019 e 2020. O setor secundário (manufatura organizada e desorganizada, construção, energia e abastecimento de água), também diminuiu sua participação de 2019 para 2020 de 13,19% para 12,93%. O setor terciário avançou em sua contribuição no PIB de 2019 com 84,02% para 84,59% em 2020, formando a grande base de composição do PIB de Delhi (GOVERNMENT OF NATIONAL CAPITAL TERRITORY OF DELHI, 2021b).

[12] A Índia Brand Equity Foundation foi criada pelo Departamento de Comércio, Ministério do Comércio e Indústria, Governo da Índia, para promover os produtos do mercado indiano (*Made in Índia*) no cenário internacional.

De outra parte, o governo central e local está envidando esforços ao controle da poluição do ar, da água e dos ruídos, como também dos resíduos eletroeletrônicos compostos em sua maioria por equipamentos de informática e de comunicação. Estima-se que a metrópole gere anualmente 200.000 t de REEE (HINDUSTAN TIMES, 2021, *online*, THE HINDU, 2021, *online*) e seja responsável por 9,5% do montante anual do país, com a maior geração per capita da Índia de 11,3 kg/ano por habitante (ARYA; KUMAR, 2020; KOSHTA; PATRA; SINGH, 2021). Calcula-se que só de celulares foram descartados mais de 858 mil celulares em 2020 (KOSHTA; PATRA; SINGH, 2021).

Além disso, Delhi recebe REEE de várias partes da Índia para serem comercializados, desmontados e tratados em sua maioria pelo setor informal de reciclagem (DUTTA: GOEL, 2021), formando o maior centro de reciclagem informal da Índia com mais de 5.000 pontos de reciclagem informal e abrigando cerca de 25.000 trabalhadores diretos nessas atividades (ABALANSA *et al*.,2021; ARYA; KUMAR, 2020; AWASTHI; LI, 2017; KIM; DE VASCONCELOS BARROS, 2021; KOSHTA; PATRA; SINGH, 2021; TOXICS LINK, 2019), alcançando cerca de 50.000 pessoas se consideradas as atividades indiretas relacionadas aos REEE (TOXICS LINK, 2019). Os pontos de comercialização, reparos e reciclagem de REEE estão espalhados pelo território de Delhi, que possui o maior mercado de eletrônicos do Sul da Ásia, o Nehru Place Market. Situado ao sul de Delhi, o mercado possui lojas de venda de eletroeletrônicos de marcas globais e uma extensa rede de pontos formais e informais de reparos e revenda de EEE usados, EEE remontados e de REEE (CORWIN, 2018).

Porém, o processamento informal dos REEE em Delhi é realizada em grande parte em locais inadequados, sob condições precárias de trabalho, sem uso de equipamentos e técnicas apropriadas ao manejo desses resíduos, resultando em danos ao meio ambiente e à saúde humana (ABALANSA et al., 2021; ARYA; KUMAR, 2020; KIM; DE VASCONCELOS BARROS, 2021; KOSHTA; PATRA; SINGH, 2021; PANDEY; GOVIND, 2014; PARVEEN *et al.*, 2019). Esses autores ressaltam a relevância de implementar meios de canalização e processamento adequados e seguros dos REEE, pois estes resíduos podem conter substâncias de alta periculosidade. Arya e Kumar (2020) relatam que em locais de Delhi como Seelampur, Mustafabad, Mandoli e Loni o solo e a água apresentam altos índices de contaminação de metais pesados. A queima de resíduos à céu aberto, bem como as práticas de

lixiviação ácida, decapagem manual de cabos e fundição de placas de circuito impresso são alguns exemplos dos métodos rudimentares utilizados no processamento informal dos REEE. Abalansa *et al*.,2021 complementam que o setor informal de reciclagem de REEE frequentemente utilizam o trabalho infantil e de migrantes refletindo no agravo dos impactos sociais existentes.

As Organizações Não Governamentais (ONGs) desempenham papel expressivo na organização do setor informal de reciclagem em Delhi, auxiliando na formalização do trabalho em associações de catadores e recicladores, assim como em viabilizar condições adequadas de trabalho em harmonia com a preservação do meio ambiente. Exemplificando, o Grupo de Pesquisa e Ação Ambiental Chintan, atuando na promoção da formalização das atividades informais de reciclagem em Delhi, firmou parceria com a Associação de Recicladores de Resíduos Eletrônicos e o grupo de recicladores, comerciantes e recicladores de REEE Safai Sena, com o objetivo de constituir ganho de escala em negociações comerciais, capacitar os trabalhadores, inserir práticas de segurança, saúde ocupacional e de proteção ambiental (ARYA; KUMAR, 2020). De acordo com o Safai Sena (2021, *online*) a organização possui mais de 10.000 pessoas associadas, cujo propósito é promover de forma coletiva a valorização do trabalho destes na cidade, capacitar e gerar oportunidade de renda com base em técnicas ecológicas e limpas. Dutta e Goel (2021) destacam o trabalho da ONG Toxics Link em Delhi, que atuam na área ambiental no combate e prevenção à poluição do ar, água e solo, com trabalhos específicos na conscientização da sociedade para a canalização adequada dos REEE.

O aumento dessas formas de poluição é resultante da aglomeração acelerada de pessoas nas áreas urbanas com infraestrutura inadequada, base da economia centrada em serviços que empregam cada vez mais novas tecnologias de TIC com o objetivo de obter maior exatidão dos dados e agilidade dos serviços e que contam com incentivos de políticas de governo para a expansão da indústria de TI. Em adição, o aumento das rendas individuais e a incorporação de hábitos cosmopolitas influem no maior consumo de EEE e na geração de maiores volumes de REEE.

Nesse contexto, a administração de Delhi atribuiu ao Departamento de Meio Ambiente a responsabilidade de reduzir os níveis de poluição do ar, da água e dos resíduos sólidos, que incluem os REEE, melhorando as condições e protegendo o meio ambiente no território da capital nacional. Entre as ações em vigor destacam-se as medidas de conscientização pública em parcerias com outros órgãos

governamentais e com associações da sociedade que são: (i) adesão ao programa eco clube pelas escolas e faculdades, promovendo atividades ecológicas em todos os níveis escolares com o objetivo de fomentar práticas ambientais saudáveis sob *slogans* como lixo zero, reciclagem, diga não aos plásticos e aos biscoitos; (ii) assistência as ONGs ambientais, fornecendo apoio financeiro e parceria no desenvolvimento de programas que visem o engajamento das camadas sociais mais carentes na redução da poluição e na preservação do meio ambiente, popularizando as políticas de regulamentações. O governo reconhece que as ONGs compreendem em profundidade os problemas locais e possuem a experiência de como inserir medidas de melhoria; (iii) assistência as organizações de pesquisa como ONGs, consultorias, instituições e acadêmicos, fornecendo apoio financeiro e parcerias em pesquisas de produção de dados e resultados quanto a identificação das fontes e dos volumes da geração de resíduos e poluentes (DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, 2021, *online*).

Em paralelo, o Comitê de Controle de Poluição de Delhi (*Delhi Pollution Control Committee - DPCC*) atua como órgão regulador de autonomia delegada pelo Conselho Central e Estadual de Controle da Poluição (*CPCB*/*SPCB*) na implementação das legislações ambientais e de controle da poluição no território da capital nacional Delhi. O *DPCC* possui em sua estrutura representantes do governo e da sociedade (ONGs) envolvidos com a área ambiental. O órgão fiscaliza, controla e age na prevenção da emissão de poluentes atmosféricos, hídricos, sonoros e por resíduos sólidos, estimulando práticas ambientais saudáveis baseadas nos princípios dos 3Rs – reduzir, reutilizar e reciclar. Entre os resíduos sólidos são destacados os resíduos perigosos, biomédicos, da construção, de baterias, de mercúrio, plásticos e os eletrônicos. Em relação aos REEE o Comitê mantém em seu portal listagem dos canais autorizados que em 13 de novembro de 2021 totalizavam 43 centros de coleta vinculados a sistemas de *EPR,* 16 *PROs,* dois desmontadores, três recondicionadores e 40 recicladoras. O relatório anual (04/2020 a 03/2021) sobre a gestão dos REEE em Delhi reportou ao Ministério do Meio Ambiente a atividade de duas empresas desmontadoras, dois recondicionadores e de 110 consumidores de EEE em grande escala que coletaram por canais autorizados 610,13 t de REEE com média mensal de 50,84 t. (DELHI POLLUTION CONTROL COMMITTEE, 2021).

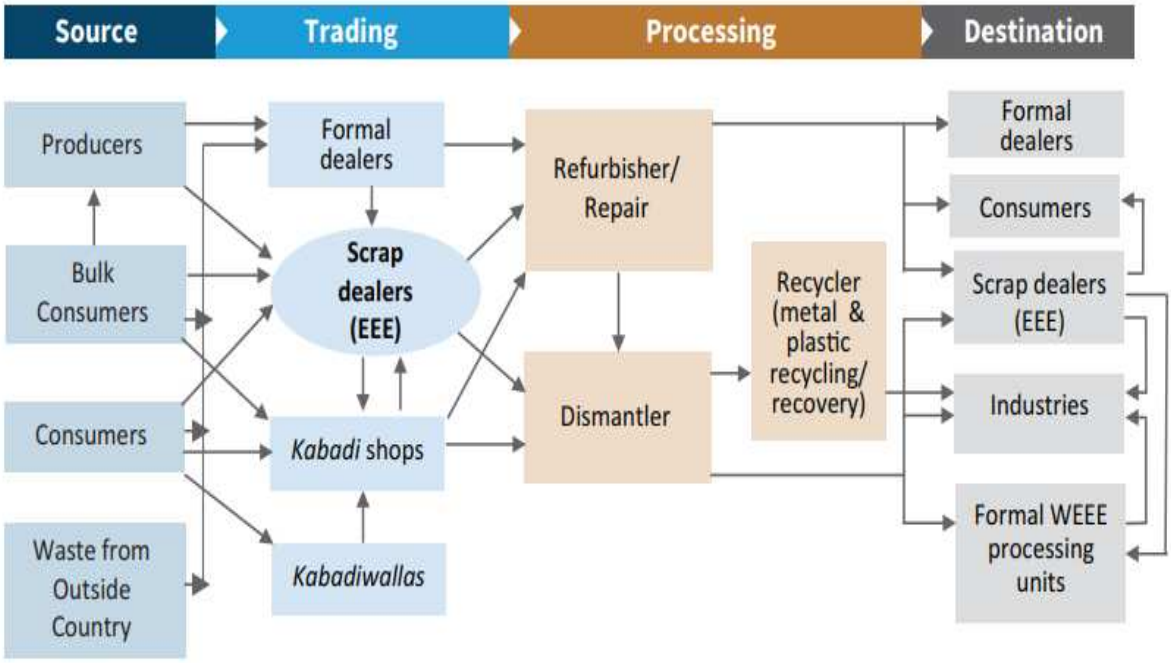
Em agosto e setembro de 2021, o governo de Delhi divulgou medidas para organizar os fluxos dos REEE. Uma das medidas prevê um maior controle dos

consumidores de EEE em grande escala para canalizar os resíduos derivados desses equipamentos aos sistemas de coleta e desmontagem autorizados (THE TIMES OF INDIA, 2021, *online*). Outra medida prevê a implantação em Delhi do primeiro eco parque do país para o gerenciamento dos REEE e que servirá de modelo para outras regiões da Índia. O parque ecológico terá a função de atuar como centro de coleta, desmonte, reparo e reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Os governantes destacaram o uso de tecnologias avançadas, a integração do setor informal e a conscientização da sociedade em um modelo de negócio que viabilize sua manutenção (HINDUSTAN TIMES, 2021, *online*, THE HINDU, 2021, *online*).

Embora a metrópole Delhi possua empresas de reciclagem formalizadas especializadas em REEE como a Atero Recycling (DUTTA; GOEL, 2021), pesquisas recentes indicam que os consumidores, tanto de baixa, média e alta renda, não possuem o conhecimento sobre a existência delas, como também detém pouca informação sobre os REEE, seus perigos e formas de descarte adequado, sendo necessário a intensificação de ações que visem a conscientização da sociedade (BORTHAKUR; SINGH, 2021, PARVEEN *et al.*, 2019).

Corwin (2018) argumenta que a cultura indiana de consertar os EEE defeituosos e comercializar os REEE por várias vezes antes de seu descarte impõem ao setor de resíduos eletroeletrônicos de Delhi uma atuação centrada na reutilização e no reparo ao invés de fluxo de descarte do resíduo e sua reciclagem. A Figura 36 demonstra o fluxo dos REEE entre o setor formal e informal que se apresenta no mercado de Delhi, como também é encontrado em outras regiões da Índia.

Figura 36 – Índia: fluxo dos REEE entre os atores formais e informais



Fonte: Toxics Link (2019, p. 24)

Verifica-se que os REEE são gerados pela indústria, pelos consumidores individuais e de grande escala de EEE (bulk consumers) e advindos da importação. A comercialização dos EEE usados e dos REEE são realizados por revendedores formais (*formal dealers*) e informais *(scrap dealers, kabadi shops, kabadiwallas)*. O processamento dos EEE usados e dos REEE que incluem as atividades de conserto, desmontagem e remontagem são efetuados pelos recondicionadores/reparadores *(refurbisher/repair)* e pelos desmontadores *(dismantler)* formais e informais. Os desmontadores de REEE segregam os resíduos e os revendem às empresas de reciclagem, à indústria ou outras unidades de processamento formal de REEE, como também a revendedores de sucata informais. Observa-se que todo o fluxo apresentado dos REEE em Delhi incorpora e interliga atividades formais e informais.

A seguir, com o propósito de melhor compreender a gestão formal e informal dos REEE na Índia à nível nacional, são analisados seus desafios, barreiras e proposições de melhoria, mantendo o foco no ambiente urbano das metrópoles.

4.3.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE

A partir de 2010/2011 o governo da Índia intensificou a regulamentação sobre a gestão dos REEE, definindo as responsabilidades dos *stakeholders* e atribuindo metas para a canalização dos REEE à reciclagem formal, visto que cerca de 95% dos recicláveis são tratados pelo setor informal (ARYA; KUMAR, 2020; AWASTHI; LI, 2017; KUMAR; DIXIT, 2018). Porém, apesar da importância das regulamentações instituídas, as referidas legislações não estão integralmente implantadas, pois encontram dificultadores no mercado, na sociedade e nas próprias estruturas de governo (ARYA; KUMAR, 2020; AWASTHI; LI, 2017; KUMAR; DIXIT, 2018; PATHAK *et al*., 2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021). A falta de ações governamentais para a implementação das políticas de gestão dos REEE somadas ao baixo nível de conscientização e participação da população para a canalização formal desses resíduos, que contam com poucos pontos de coleta, dificultam a formalização do mercado de REEE (KUMAR; DIXIT, 2018; SINGH; DASGUPTA; ROUTROY, 2021). A ausência de regulamentações ou lacunas de implementação das políticas resultam em mercados de REEE desorganizados, favorecendo a informalidade das atividades envolvidas de coleta, transporte e segregação, bem como de reparo, recondicionamento e desmontagem (JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021).

A extensa rede informal de reciclagem fundamentada na compra e venda dos EEE usados e dos REEE dificultam o avanço da formalização do mercado de reciclagem. Atualmente, os consumidores indianos preferem receber retornos financeiros quando da revenda dos EEE usados e resíduos aos catadores de recicláveis de porta em porta ou a outros intermediários informais. Em adição, o mercado de REEE é majorado pela importação ou pela doação de EEE usados dos países desenvolvidos às populações mais carentes dos países em desenvolvimento (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK *et al.,* 2017). Calcula-se que anualmente 50 mil toneladas de REEE adentram o mercado indiano via importação de EEE usados ou como sucata (JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017).

Corwin (2018) relata que os consumidores de EEE usados se concentram nas classes de menor renda, mas também atrai outros consumidores como as *startups,* que preferem iniciar suas atividades a um custo reduzido. Essa autora define o

mercado de REEE na índia como uma economia baseada no reuso e reparo, e pouco em resíduos e reciclagem. O mercado de REEE é fomentado pela cultura indiana de consertar os EEE defeituosos e de comercializar os equipamentos e resíduos por diversas vezes, estendendo seu prazo de vida útil antes do seu descarte final, o que reduz e retarda a canalização dos resíduos às empresas de reciclagem formalizadas.

Entretanto, a reciclagem dos REEE processada na informalidade é efetuada em sua maioria em instalações e condições de trabalho inadequadas, incidindo em riscos à saúde humana e impactos ao meio ambiente (ARYA; KUMAR, 2020; BORTHAKUR; SINGH, 2021; CORWIN, 2018; GARG, 2021; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK *et al*.,2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021). A maioria dos trabalhadores da reciclagem de quintal não possuem capacitação adequada para o manuseio e processamento dos REEE, como também não utilizam equipamentos de proteção individual (GARG, 2021; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021). Esses autores destacam a baixa conscientização dos trabalhadores em relação aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Segundo Arya e Kumar (2020), somente 8% dos trabalhadores atuantes no tratamento e reciclagem de REEE tem a compreensão dos perigos envolvidos no manuseio desses resíduos. Estima-se que aproximadamente 75% das pessoas envolvidas nas atividades informais de tratamento dos REEE sofram com doenças respiratórias severas (ARYA; KUMAR, 2020; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK *et al*., 2017) ou outras enfermidades como câncer, mau funcionamento da tireoide e do sistema reprodutivo e imunológico, desiquilíbrio hormonal, anomalias congênitas e baixa capacidade vital em crianças (ARYA; KUMAR, 2020). Além disso, materiais que não apresentam valor para o reuso ou revenda são em grande parte descartados em lixões ou queimados a céu aberto, contaminando o solo, a água e o ar (JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021). Estima-se que somente 25 a 30% dos REEE coletados são reutilizados (SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021).

Em complemento, Arya e Kumar (2020), Pathak *et al.* (2017), Sharma, Joshi e Govindan (2021) apresentam outras barreiras e lacunas:

(i) Falhas na implementação das regulamentações sobre os REEE: As legislações existentes definem os princípios e as responsabilidades dos *stakeholders*, entretanto as partes envolvidas não têm o conhecimento sobre suas responsabilidades e atuam à margem do estabelecido em lei, dificultando a

implementação das políticas de gestão dos REEE no país. Priyadarshini e Abhilash (2020), Sharma, Joshi e Govindan (2021) acrescentam que políticas públicas como *Make in Índia* e *Digital Índia* não estão sendo implementadas dentro de uma estratégia nacional que contemple a gestão dos REEE e seu reaproveitamento nas cadeias produtivas, onde os EEE devem ser projetados para facilitar a reutilização, a remanufatura e a reciclagem dos materiais.

(ii) Fragilidade das instituições públicas na gestão dos REEE: as estruturas de governo nacionais e locais tem atuado progressivamente e com êxito em políticas e ações para a gestão dos resíduos sólidos urbanos, mas o mesmo não acontece em relação aos REEE. As responsabilidades estabelecidas em lei de controle e fiscalização das importações, do transporte, dos centros de coleta e tratamento dos resíduos eletrônicos ainda são insuficientes e a articulação do governo em firmar cooperações e parcerias entre as partes envolvidas são mínimas. Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021) expõem que anualmente quantidades expressivas de lixo eletrônico adentram ao país via importações ilegais ou camufladas como EEE usados ou sucata.

(iii) Limitada integração entre as partes envolvidas: no âmbito dos canais formais (centros de coleta, desmontadores, recicladores) são escassas as ações em redes integradas. Sob o ponto de vista de abrangência nacional a integração entre o mercado formal e informal são ainda mais abreviadas, considerando uma participação ativa de produtores, PROs, recicladores, unidades informais e ONGs sob a articulação e incentivos do governo.

(iv) Escassez de infraestrutura: o país carece de infraestrutura nacional, regional e local que viabilize cadeias de logística reversa integradas, condições necessárias para a gestão eficaz dos REEE.

(v) Falta de conhecimento e conscientização pública: é apontado como o maior desafio da Índia para a gestão dos REEE. A maior parte da população, assim como os trabalhadores envolvidos nas atividades informais de coleta e reciclagem de REEE, não tem o conhecimento e nem a consciência pública sobre os riscos envolvidos no tratamento e descarte inadequado dos REEE à saúde humana e ao meio ambiente. Esses resíduos são descartados com frequência em meio ao resíduo doméstico e enviados a aterros ou incineradores. A incineração de resíduos sólidos urbanos é uma prática usual no país.

(vi) Carência de tratamento técnico adequado aos REEE: as atividades de coleta, desmontagem, separação, armazenamento, transporte e reciclagem dos REEE exigem métodos específicos de manuseio e processamento visto a presença de materiais tóxicos, que na Índia até o momento é limitado a poucos pontos de tratamento em relação ao volume gerado. Sharma, Joshi e Govindan (2021) pontuam que há falta de corpo técnico capacitado para coordenar unidades e redes de gestão de REEE com tecnologias seguras e que permitam maior reaproveitamento dos resíduos.

(vii) Falta e incoerência de dados: a Índia, como a maioria dos países, avança em pesquisas que quantifiquem a geração dos REEE, mas ainda carecem de dados sobre o mercado da reciclagem de REEE, sobretudo do informal, e do mercado de reuso e reparo desses equipamentos e de seus componentes. Arya e Kumar (2020) acrescentam que mesmo os dados divulgados são contraditórios entre si, o que dificulta a formatação e implementação de políticas adequadas e eficazes. Exemplificando, Arya e Kumar (2020) citam o relatório da Associação do Comércio da Índia de 2018 no qual afirmam que o crescimento médio anual da geração de REEE no país é de 10% a.a., enquanto Pathak *et al*. (2017) apresentam uma taxa de crescimento anual entre 21 e 25%.

A fim de reduzir essas lacunas, pesquisadores pontuam que faltam subsídios financeiros oriundos das esferas de governo para impulsionar a cadeia de reciclagem dos REEE e sua formalização no país (BHATIA; SRIVASTAVA, 2018; GARG, 2021; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021).

Diante do exposto, o Quadro 44 resume as principais barreiras apontadas pelos estudos à gestão dos REEE na Índia.

Quadro 44 – Índia: barreiras à gestão dos REEE

Barreiras	**Autores**
Falhas na implementação das regulamentações sobre os REEE Fragilidades institucionais na gestão dos REEE	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al*. (2017), Arya e Kumar (2020), Priyadarshini e Abhilash (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Falta de orientação à sociedade para o descarte adequado dos REEE	Borthakur e Govind (2017), Kumar e Dixit (2018), Parveen *et al. (*2019), Borthakur e Singh (2021), Singh, Dasgupta e Routroy (2021).
Insuficiência e divergência de dados sobre geração e gestão de REEE	Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Maior frequência de consumo de EEE novos/usados (aumento das rendas individuais	Pathak *et al*. (2017), Arya e Kumar (2020), Borthakur e Singh (2021), United Nations (2021).

Descarte inadequado dos REEE	Kumar e Dixit (2018), Arya e Kumar (2020), Singh, Dasgupta e Routroy (2021).
Preferência do consumidor ao descarte/venda dos REEE no mercado informal. Relação histórica e dinâmica com a sociedade	Borthakur e Govind (2017), Corwin (2018), Borthakur e Singh (2021).
Medidas governamentais pouco integrativas às atividades informais.	Arya e Kumar (2020), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Instalações e condições de trabalho inadequadas e inseguras no mercado informal de coleta, desmontagem e reciclagem dos REEE. Trabalho infantil.	Ghosh *et al*. (2016), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al*. (2017), Corwin (2018), Arya e Kumar (2020), Abalansa *et al*. (2021), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Borthakur e Singh (2021), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Baixa qualificação do setor informal	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Baixo poder de barganha das unidades de catadores no mercado secundário de materiais	Arya e Kumar (2020), Safai Sena (2021).
Carência de subsídios à cadeia de reciclagem formal e informal	Bhatia e Srivastava (2018), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Carência de empresas recicladoras de REEE	Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Dutta e Goel (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Escassez de infraestrutura nacional para implantação de redes de reciclagem	Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Concentração dos centros de reciclagem em algumas metrópoles do país	Pathak *et al*. (2017), Abalansa *et al*. (2021).
Recicladoras formais – falta de experiência e de tecnologias adaptadas ao local.	Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Sharma, Joshi e Govindan (2021)
Baixo envolvimento dos produtores para o *ecodesign* dos EEE	Pathak *et al*. (2017), Sharma, Joshi e Govindan (2021)
Falta de sinergia e articulação entre as partes envolvidas	Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Sharma, Joshi e Govindan (2021)

Fonte: Autoria própria (2023)

O aumento do consumo de EEE novos e usados somados à preferência da sociedade indiana em comercializar os equipamentos usados e seus resíduos fomentam o mercado informal de REEE. Além disso, a falta de orientação e consciência pública dos perigos envolvidos no manejo dos REEE levam ao descarte inadequado desses resíduos. De outra parte, as precárias instalações e condições de trabalho mantidas nas atividades inerentes ao processamento informal dos REEE adoecem cerca de 2/3 dos trabalhadores envolvidos, que contam inclusive com trabalho infantil e poluem o meio ambiente.

Para Garg (2021) o contexto indiano de gestão de REEE exige a adoção de três linhas de estratégias nacionais: (i) efetiva implementação das legislações

relacionadas aos REEE; (ii) informação e conscientização da sociedade à canalização adequada dos REEE; (iii) comprometimento dos produtores, fabricantes e importadores em mitigar os volumes de resíduos e incorporar sistemas circulares de materiais. Arya e Kumar (2020) salientam que medidas propostas devem ser implementadas de forma sincronizada entre o governo, mercado e sociedade para o êxito das estratégias.

A efetiva implementação das regulamentações sobre REEE alicerçadas em estruturas institucionais de fiscalização e controle, com suporte em tecnologias digitais é condição primária à gestão dos REEE na Índia. É fundamental que o rigor da fiscalização recaia sobre as importações de sucatas, de EEE usados e das doações efetuadas pelos países desenvolvidos às ONGs situadas no país, que infiltram o mercado indiano com grandes volumes de REEE. Por outro lado, o governo deve garantir que os produtores, fabricantes e importadores cumpram a diretiva da Responsabilidade Estendida ao Produtor *(EPR)* e estabeleçam redes de logística reversa dos seus produtos e apliquem a taxa de reciclagem antecipada (ARYA; KUMAR, 2020; GARG, 2021; PATHAK *et al*. 2017). Além disso, Arya e Kumar (2020) reafirmam que programas de governo como o *Make in Índia e Índia Digital* contemplem a gestão dos REEE.

Pathak *et al* (2017) explicam que as taxas de reciclagem cobradas dos consumidores no momento da venda do EEE podem formar fundos que subsidiarão a construção de infraestruturas necessárias para a reciclagem dos materiais. Esses autores também ressaltam que os sistemas *EPRs* devem ser inclusivos, ou seja, integrar a força de trabalho dos catadores e desmontadores que operam sob diferentes formas (individuais, associados, informais, parcialmente informais ou formalizados). Para Arya e Kumar (2020) e Pathak *et al.* (2017) é imperativo ao país a construção de infraestruturas regionais e locais para a logística reversa e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos.

A informação e conscientização da sociedade para a produção, consumo e descarte sustentável dos EEE usados e seus resíduos é essencial ao sucesso das políticas para a gestão dos REEE. As esferas de governo, produtores, comerciantes, ONGs e instituições de ensino devem atuar na orientação à população sobre o manejo adequado dos REEE, ressaltando possíveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Entretanto, é vital que esses agentes sejam em um primeiro momento capacitados e qualificados para disseminar informações adequadas e exerçam suas

atividades dentro de uma consciência sustentável em relação aos REEE. As mídias digitais podem ser utilizadas para divulgação rápida e formação de opinião pública. Governos locais, produtores, *PROs* e ONGs podem, em parcerias, desenvolver programas comunitários para a educação ambiental, coleta de REEE e incentivo à associação e formalização dos trabalhadores individuais (ARYA; KUMAR, 2020; GARG, 2021; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK *et al*. 2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021).

O mercado informal assume papel fundamental na coleta e desmonte dos REEE na Índia, atenuando a sobrecarga dos volumes desses resíduos e gerando renda para milhares de pessoas por várias gerações. Entretanto, o maior desafio é manter a geração de renda em condições seguras e adequadas à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente. Para tal, é necessário a legalização da função dos catadores na regulamentação da gestão dos REEE no país e integração das atividades informais ao mercado formal. Com igual importância é preciso a parceria entre os governos locais e demais partes interessadas em programas que identifiquem os centros de atividades informais nas cidades, sensibilizem os trabalhadores informais às formas associadas de trabalho e promovam treinamentos técnicos, mas também de cuidados com a saúde e a proteção do meio ambiente. Em Delhi, como já citado, o Grupo de Pesquisa e Ação Ambiental Chintan e a Associação de Recicladores de Resíduos Eletrônicos atuam através da organização Safai Sena na formalização do trabalho e na geração de renda com ganho de escala nas negociações comerciais (ARYA; KUMAR, 2020). O governo da Índia, por sua vez, criou em 2015 o Ministério do Desenvolvimento de Competências e Empreendedorismo (Ministry of Skill Development and Entrepreneurship) e instituiu o programa nacional *Skill Índia,* cuja missão é a capacitação técnica e profissional da população em áreas diversas sob a visão de um país com mão de obra qualificada e inovadora. Entre os projetos há programas direcionados para o treinamento de desmontagem e segregação dos REEE *(*Ministry of Skill Development and Entrepreneurship, 2021, *online*).

De outra parte, é essencial que haja mudanças no mercado promovidas pelos produtores, fabricantes, importadores, *PROs* e consumidores de EEE em grande escala. Esses atores precisam iniciar movimentos em sua área de atuação e em parcerias que contemplem a produção, consumo e descarte sustentável dos EEE e dos REEE.

Nesse âmbito, conforme Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017) e Sharma, Joshi e Govindan (2021) são necessários a implantação em paralelo de diversas ações. Entre as mais relevantes estão:

(i) Conscientização da alta administração das organizações para políticas de retorno dos materiais, avançando para sistemas circulares. Os gestores do alto escalão devem perceber na gestão do retorno e na construção das redes de logística reversa uma realidade vital à sociedade e ao planeta, identificando potenciais vantagens corporativas pela melhoria da imagem e de retornos financeiros pela reutilização, remanufatura e reciclagem dos resíduos de seus produtos, face a escassez crescente de matérias primas.

(ii) Estabelecer parcerias e redes de terceirização integradas para a reciclagem dos REEE. As empresas podem optar por terceirizar atividades de logística reversa e de reciclagem dos materiais às *PROs* ou a outras empresas parceiras, com capacidade de integrar trabalhadores informais. Essa prática fomenta o desenvolvimento de redes de empresas de terceirização e avanços tecnológicos sustentáveis na gestão dos REEE. Nesse caso, a empresa focal é responsável em fornecer conhecimento e treinamento para o desempenho dos processos de logística reversa e reciclagem.

(iii) Adoção de sistemas produtivos mais limpos e *design* de produtos ecológicos pela empresa focal e por toda rede de terceirizados responsáveis pela logística reversa e reciclagem dos REEE viabilizará sistemas produtivos circulares sustentáveis e a redução dos volumes de resíduos. O *design* ecológico dos EEE tem como premissa projetos de fácil desmontagem e recuperação e; a redução da utilização de materiais perigosos. Para Pathak *et al*. (2017) o *design* ecológico é a chave para mudanças estruturantes no mercado e na sociedade.

(iv) Instalações e condições de trabalho seguras e adequadas à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente. As organizações focais devem garantir que as atividades de logística reversa e de reciclagem dos REEE sejam realizadas em estruturas físicas apropriadas e que os trabalhadores utilizem equipamentos de proteção individual.

(v) Capacitação dos trabalhadores da organização focal e da rede parceira. A empresa focal deve ser responsável em treinar de forma contínua os trabalhadores de sua rede de retorno visando a maximização sustentável dos processos de recuperação dos resíduos em montantes e valores.

(vi) Estabelecer sistemas de informações e comunicações baseada em tecnologias digitais que assegurem o fornecimento de dados confiáveis e com maior velocidade à tomada de decisões a toda cadeia de valor dos REEE. Esses autores também enfatizam a importância do emprego dos processos de avaliação do ciclo de vida dos produtos, da mineração urbana, assim como da transparência da informação sobre os materiais e processos utilizados na produção de EEE e na reciclagem dos REEE, fundamentados no princípio da precaução.

Em síntese, o Quadro 45 reúne as proposições abordadas pelos recentes estudos à melhoria da gestão dos REEE na Índia.

Quadro 45 – Índia: proposições à gestão dos REEE

Proposições	**Autores**
Efetiva implementação das legislações relacionadas aos REEE	Pathak *et al* (2017), Arya e Kumar (2020), Priyadarshini e Abhilash (2020), Garg (2021).
Construção de infraestruturas regionais e locais para a logística reversa e reciclagem	Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020).
Informação e conscientização da sociedade ao descarte e manuseio adequado dos REEE.	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Legalização da função dos catadores na regulamentação da gestão dos REEE Integração do setor formal e informal de reciclagem	Arya e Kumar (2020).
Incentivo a formação de redes associadas de catadores	Arya e Kumar (2020).
Sistemas *EPRs* inclusivos. Integrar a força de trabalho dos catadores e desmontadores informais	Pathak *et al* (2017), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021)
Maior envolvimento dos produtores de EEE, fabricantes, importadores, *PROs* e consumidores de EEE em grande escala no mercado de logística reversa e reciclagem dos REEE. Conscientização da alta administração das organizações	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Estabelecer parcerias e redes de terceirização integradas para a reciclagem dos REEE	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Adoção de sistemas produtivos mais limpos e *design* de produtos ecológicos	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Instalações e condições de trabalho seguras e adequadas	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021)
Capacitação dos trabalhadores formais e informais da coleta, desmontagem e reciclagem dos REEE	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al.* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021)

Soluções de TI na logística reversa e reciclagem dos REEE	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021).
Diálogo mais proeminente sobre REEE entre governo, mercado e sociedade, atuando com maior sinergia e parcerias na gestão desses resíduos	Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Pathak *et al* (2017), Arya e Kumar (2020), Garg (2021), Sharma, Joshi e Govindan (2021)

Fonte: Autoria própria (2023)

Percebe-se que as proposições de melhoria da gestão dos REEE na Índia direcionam-se em um primeiro plano à implementação da regulamentação instituída no país, passando pela sensibilização e conscientização dos *stakeholders* e da sociedade em geral. Os estudos apontam para um maior envolvimento e sinergia das partes interessadas na construção de infraestrutura que contemplem sistemas produtivos e *design* de produtos ecológicos e sustentáveis, instalações e condições de trabalho seguras e adequadas, bem como o reconhecimento do trabalho dos catadores informais. São necessárias o incremento de ações que incentivem formas coletivas de trabalho aos catadores e desmontadores informais e integrem o setor informal no mercado formalizado de gestão dos REEE. O uso de tecnologias digitais pode viabilizar o fornecimento de dados mais confiáveis e com maior velocidade, auxiliando as partes envolvidas na tomada de decisão. Arya e Kumar (2020) ressaltam a importância de mapear e analisar cenários do mercado formal e informal de REEE na Índia para fornecer dados mais consistentes aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão. Sharma, Joshi e Govindan (2021) concluem que o sucesso de sistemas EPRs e de parcerias públicas privadas dependem da conscientização das partes envolvidas, mão de obra qualificada e de infraestrutura local e regional.

Os produtores, apoiados pelo governo, precisam liderar programas e campanhas de sensibilização da sociedade e capacitação dos trabalhadores, além de investir em estratégias de produção mais sustentáveis e de redução de resíduos eletroeletrônicos, como por exemplo a mineração urbana (GARG, 2021; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021; PATHAK *et al.*, 2017). A mineração urbana recupera materiais à cadeia produtiva, reduz a poluição e o montante de REEE, oportuniza a geração de renda, diminui a pressão pela extração de metais e favorece o desenvolvimento da economia circular no país (SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021). A reciclagem dos REEE impacta diretamente na demanda pela importação de metais. Calcula-se que o potencial econômico de recuperação de materiais pela mineração urbana na Índia seja de US$ 36 bilhões (PANCHAL; SINGH; DIWAN, 2021).

Priyadarshini e Abhilash (2020) argumentam que as regulamentações sobre os REEE carecem de implementação e integração à gestão dos resíduos sólidos urbanos e dos plásticos, sobretudo no tratamento e reciclagem, bem como de maior alinhamento aos princípios da economia circular e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para esses autores, a instituição de uma política nacional para a economia circular na Índia impulsionaria o mercado, governo e sociedade para o alcance dos ODS.

Por outro lado, Corwin (2018) argumenta que enquanto o mercado de reuso e reparo na Índia se mostrar mais lucrativo do que o da reciclagem haverá um afastamento entre o que se almeja nas regulamentações sobre a gestão dos REEE e a realidade dos mercados de REEE presentes no país. Entretanto, Arya e Kumar (2020) afirmam que o hábito indiano de consertar e reutilizar os EEE usados, mesmo que obsoletos, contribuem para a abordagem dos 4Rs da gestão dos REEE (reduzir, reciclar, recuperar e reutilizar). Porém, tal comportamento está se alterando à medida que a população migra para as grandes cidades, que tendem a seguir o padrão global de consumo de EEE novos em períodos cada vez mais curtos. Em adição, há de se considerar que uma grande parcela da população não tem o conhecimento sobre os riscos potenciais do manuseio de REEE e de como descartá-los de forma adequada.

A gestão dos REEE na Índia, dado o contexto atual, necessita de estratégias e atuação sincronizada entre as partes interessadas em toda a cadeia de valor dos REEE, desde a melhoria das legislações e dos sistemas de responsabilidade estendida ao produtor, com maior conscientização da sociedade, até avanços para a mineração urbana e sistemas produtivos circulares (ARYA; KUMAR, 2020).

4.4 Estudo de caso África do Sul

A África do Sul está inserida no continente africano em uma área de 1.219,09 mil/km² cuja população deve duplicar até 2050, porém o país vem conseguindo controlar os níveis de crescimento populacional com o desenvolvimento da nação, investindo em políticas essenciais como saúde e educação (NAÇÕES UNIDAS; DEUTSCHE WELLE, 2019, *online;* WORLD BANK DATA, 2022, *online*). Nos últimos 20 anos a média do crescimento populacional tem-se mantido entre 1,27 e 1,60% a.a. Em 2021, a população da África do Sul alcançou 60,04 milhões, sendo que 68% residem nos centros urbanos e 32% nas áreas rurais. O maior movimento de

urbanização ocorreu nos anos de 1980, quando alcançou um crescimento de 3,54% em 1986. Desde o ano de 2000 o crescimento da urbanização variou entre 2,25 e 2,42% com tendência de baixa a partir de 2013 (WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

O Produto Interno Bruto (PIB) do país cresceu entre 1,48 e 3,16% a.a. de 2010 a 2018, quando atingiu 404,8 bilhões (US$), mas reduziu em 2019 para 387,9 bilhões (US$) e em 2020, com os efeitos da pandemia do Covid 19, retraiu -6,43% para 335,4 bilhões (US$), mas em 2021 elevou-se para 419,94 bilhões (US$), A renda per capita, entre 1990 e 2020, atingiu seu melhor resultado em 2011 com US$ 8.810,93, porém recuou para US$ 6.624,76 em 2019 e US$ 5.655,86 em 2020, elevando-se em 2021 para US$ 6.994,20 em 2021 (WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

A África do Sul é considerada como um dos mercados emergentes globais e tem atraído várias empresas multinacionais de eletroeletrônicos, que utilizam o país também como porta de entrada ao continente africano, ampliando o mercado de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) como também dos Resíduos dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no país (BORTHAKUR, 2020; FINLAY; LIECHTI, 2008; GHOSH *et al*., 2016). Além disso, o país é fonte de vários tipos recursos naturais empregados na fabricação de EEE como o ouro, ferro e o cobre. Só no setor de tecnologia da informação estima-se um mercado anual de mais de US$ 19 bilhões. Entretanto, muitos EEE são importados ou montados em parcerias com empresas locais (FINLAY; LIECHTI, 2008).

A geração de REEE em 2019 na África do Sul foi 415,5 kt com uma geração per capita de 7,1 kg, próximo dos níveis da geração da China de 7,2 kg no mesmo ano. O país é o terceiro maior gerador de REEE no continente africano, onde o Egito se coloca em primeiro lugar com 585,8 kt, seguido pela Nigéria com 461,3 kt no ano de 2019 (FORTI *et al*., 2020).

De acordo com *Gosh et al.* (2016) e Bob *et al*. (2017) a projeção de aumento do volume de computadores obsoletos entre 2017 e 2020 seriam em torno de 500%. Calcula-se que do total de REEE gerados cerca de 11 e 12% são reciclados (GRANT *et al.,* 2019; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017, MAPHOSA; MAPHOSA, 2020; UHUNAMURE *et al*., 2021), sendo em torno de 20% destes processados por empresas formalizadas, onde 25% são coletados em atividades informais (GRANT *et al*., 2019). Os REEE representam entre 5 e 8% dos resíduos sólidos urbanos do país (GHOSH *et al*., 2016; LEDWABA; SOSIBO, 2017; UHUNAMURE *et al*., 2021), crescem três vezes mais rápido do que estes (GRANT, 2019; LYDALL; NYANJOWA;

JAMES, 2017; UHUNAMURE *et al*., 2021) e calcula-se que 2 a 3% dos REEE tem sua disposição final em aterros sanitários (DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL AFFAIRS[13], 2018; UHUNAMURE *et al*., 2021). O Departamento de Florestas, Pescas e Meio Ambiente (*Department of Forestry, Fisheries and the Environment – DFFE*, 2020) calcula que no período de 2021/2022 serão canalizados 10% dos REEE para processos de reciclagem dos resíduos e estimam que para 2022/2023 se estenderá para 25% e em 2023/2024 se ampliará para 35% da geração total.[14] Segundo Lydall, Nyanjowa e James (2017) cerca de 45% dos REEE são provenientes dos órgãos de governo, 35% das empresas e 25% das residências.

Borthakur (2020), Forti et al. (2020), Ghosh *et al*. (2016), Ledwaba e Sosibo (2017) e Uhunamure *et al.* (2021) explicam que apesar de a África do Sul não ter uma legislação específica sobre a gestão dos REEE, o país aborda a questão em várias legislações e regulamentações. Forti *et al*. (2020) observam que somente alguns países do continente africano como o Egito, Gana, Madagascar, Nigéria, Ruanda e a África do Sul apresentam legislações que abordam os REEE. Segundo Lydall, Nyanjowa e James (2017), o governo da África do Sul, com a percepção do aumento do consumo de EEE somados à obsolescência programada e consequente geração crescente de REEE, elegeu esses resíduos entre os cinco fluxos de resíduos prioritários de gestão nacional.

No fluxo de REEE são priorizados três grupos: (i) Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e demais eletrônicos de consumo; (ii) EEE domésticos grandes, incluindo refrigeradores de ar e (iii) lâmpadas, que respondem respectivamente por 79%, 15% e 4% dos REEE gerados no país (LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017).

A seguir são apresentados as principais legislações e regulamentações sobre REEE instituídas pela África do Sul ou que o país seja signatário.

4.4.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE

O arcabouço de leis, políticas e estruturas de governo relacionadas aos resíduos, como também dos REEE foram influenciados em grande medida por

[13] O Departamento de Assuntos Ambientais passou a ser nomeado Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente (*Department of Environmental Affairs and Department of Forestry, Fisheries and The Environment - DFFE*).
[14] O DFFE calcula uma base de 360 kt para o ano de 2019.

modelos europeus (GRANT *et al.,* 2019). O país é signatário de convenções internacionais como de Roterdã, que regula os movimentos transfronteiriços de substâncias químicas perigosas; da RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*), que restringe o uso de substâncias perigosas; de Estocolmo, que monitora os poluentes orgânicos persistentes como os agrotóxicos; da Diretiva WEEE da União Europeia sobre a gestão dos REEE e; da convenção de Basiléia, que controla os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua disposição em que se enquadram determinados resíduos eletrônicos (BOB *et al*., 2017; ERA E-WASTE INDWMP, 2018; STATISTICS SOUTH AFRICA, 2019; UHUNAMURE *et al.*, 2021), cuja adesão foi realizada em 1994 (BASEL CONVENTION, 2022, *online*). Entretanto, o governo não aderiu a convenção de Bamako, que é um tratado dos países do continente africano proibindo a importação de resíduos perigosos para a África (BIMIR, 2020; BOB *et al*., 2017).

A África do Sul não possui uma legislação específica à gestão dos REEE, mas contém um conjunto de leis e regulamentos para a gestão de resíduos, que incluem os resíduos com substâncias perigosas e resíduos eletrônicos (*e-waste*) (BIMIR, 2020; BOB *et al*., 2017; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; LEDWABA; SOSIBO, 2017). De acordo com Ichikowitz e Hattingh (2020) a África do Sul possui 19 legislações nacionais e cinco provinciais que incluem os resíduos eletrônicos.

Segundo Bimir (2020), Ledwaba e Sosibo (2017) a principal legislação Sul-Africana que regulamenta os REEE está norteada pela própria Constituição da República da África do Sul (Nº 108 - 1996) e pela Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos (Nº 59 – 2008).

A Constituição da República da África do Sul (1996), sendo a principal legislação do país, tem especial atenção à garantia dos direitos humanos em um meio ambiente saudável, que não seja prejudicial ao seu bem-estar e à sua saúde, visto que são presentes ainda muitos problemas decorrentes dos anos do *apartheid* (LEDWABA; SOSIBO, 2017). A Constituição em seu Capítulo 2: Direitos e Deveres, Artigo Nº 24: Meio Ambiente enfatiza que:

> "Todos têm o direito: (a) a um ambiente que não seja prejudicial à sua saúde ou bem-estar e (b) ter o meio ambiente protegido, que beneficie as gerações presentes e futuras, através de legislações razoáveis e outras medidas que: (i) previnam a poluição e degradação ecológica; (ii) promovam a conservação; e (iii) assegurem o uso dos recursos naturais e o desenvolvimento ecologicamente sustentável, enquanto promovam o desenvolvimento econômico e social justificável" (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1996).

A Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos (Nº 59 – 2008) (*National Environmental Management: Waste Act - NEMWA*) foi publicada em 10 de março de 2009 pelo governo nacional da África do Sul. Fundamentada nos princípios da Constituição do país, essa lei tem por objetivo regulamentar a gestão de resíduos a nível nacional, estabelecendo normas a serem adotadas por todas as esferas de governo envolvidas, com fins de salvaguardar a saúde humana e a preservação do meio ambiente, reduzindo a poluição e recuperando áreas degradadas (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2008). Ledwaba e Sosibo (2017) ressaltam que antes da *NEMWA* (2008) não havia uma legislação específica à gestão dos resíduos no país e que a mesma se refere a todos os resíduos, inclusive os REEE.

Por certo, o texto da lei insere conceitos e princípios empregados em legislações específicas aos REEE. Nas definições do Capítulo 1 é clarificado entre outros o conceito de:

(i) “produção limpa” significa a aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas integradas a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência geral e reduzir o impacto de tais processos, procedimentos e serviços na saúde e no meio ambiente;

(ii) “medidas de responsabilidade estendida ao produtor” significa medidas que estendem a responsabilidade financeira ou física de uma pessoa por um produto até o estágio pós-consumo do produto e inclui: (a) programas de minimização de resíduos; (b) arranjos financeiros para qualquer fundo que tenha sido estabelecido para promover a redução, reutilização. reciclagem e valorização de resíduos; (c) programas de conscientização para informar o público sobre os impactos dos resíduos emanados do produto na saúde e no meio ambiente; e d) quaisquer outras medidas para reduzir o impacto potencial do produto na saúde e no ambiente;

(iii) “recuperação” significa a extração controlada de um material ou a recuperação de energia de resíduos para produzir um produto:

(iv) “reciclagem" significa um processo em que os resíduos são recuperados para uso posterior, processo esse que envolve a separação de resíduos de um fluxo de resíduos para uso posterior e o processamento desse material separado como produto ou matéria-prima;

(v) "reutilização" significa utilizar novamente artigos do fluxo de resíduos para fins semelhantes ou diferentes sem alterar a forma ou as propriedades dos artigos.

No Capítulo 2, a lei determina ao então Departamento de Assuntos Ambientais e Turismo (*Environmental Affairs and Tourism*), que estruture e implemente a estratégia nacional de gestão de resíduos com objetivos e diretrizes claras através de planos, sistemas e padronizações, que permitam a redução da geração de resíduos, a reutilização, recuperação e reciclagem de materiais, o tratamento e descarte adequado dos resíduos com meios de controle e transparência da gestão de resíduos à nível nacional. O texto destaca que a gestão de resíduos deve ser precedida de uma classificação nacional dos resíduos, sua aplicação deve ser adequada a cada área geográfica do país e deve ser revisto em períodos de até

cinco anos. Nesse capítulo, a lei também atribui aos municípios a autoridade executiva da gestão dos resíduos à nível local, que devem implementar planos locais integrados aos planos de desenvolvimento e alinhados às diretrizes nacionais e provinciais. Cada município deve proporcionar aos seus cidadãos e empresas serviços sustentáveis de coleta, armazenamento e eliminação de resíduos com tarifas acessíveis à população.

Na sequência, o Capítulo 3 detalha alguns pontos dos planos de gestão de resíduos como a designação de órgãos e gestores responsáveis pela formatação, implementação e controle dos planos e do conteúdo destes, que devem conter metas e projetos de redução da geração de resíduos, reutilização e reciclagem dos materiais, fomentando a cadeia de valor dos resíduos.

O Capítulo 4 complementa com medidas que podem e/ou devem ser tomadas pelas partes envolvidas e entre as principais estão: (i) o Departamento de Assuntos Ambientais e Turismo pode tornar um determinado resíduo como de gestão prioritária, quando este se caracterizar uma ameaça à saúde humana e ao meio ambiente em função da quantidade gerada ou de sua composição, exigindo planos específicos de gestão de resíduos pelas partes envolvidas; (ii) qualquer detentor de resíduos deve, quando não foi possível evitar a geração, mitigar o grau de toxicidade e descartá-los em locais adequados, que permitam a reutilização, recuperação e reciclagem dos materiais; (iii) qualquer pessoa que realize processos de tratamento ou recuperação de valor dos resíduos deve assegurar que tal atividade empregue menos recursos naturais e seja menos prejudicial ao meio do que seu descarte final; (iv) o Departamento de Assuntos Ambientais e Turismo em acordo com o Departamento do Comércio e da Indústria (*Department of Trade and Industry*[15]) podem requerer que determinados produtos tenham seu retorno aos produtores ou importadores para a recuperação, reutilização e reciclagem dos materiais e/ou contenham determinado percentual de materiais reciclados; (v) o Departamento de Assuntos Ambientais e Turismo em acordo com o Departamento do Comércio e da Indústria podem aplicar o conceito e princípios da Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsibility*) a um produto ou categoria de produtos, especificando os requisitos de implementação e operação, bem como da recuperação dos materiais secundários e disposição final dos resíduos. Essas medidas podem abranger desde projetos de produtos, implantação de processos produtivos mais limpos e composição das

[15] O Departamento do Comércio e da Indústria foi nomeado posteriormente como Departamento de Comércio, Indústria e Concorrência (*Department of Trade Industry and Competition - DTIC*)

embalagens. Para tal, os Departamentos devem seguir com um processo consultivo aos produtores e importadores dos produtos elencados. Nesse capítulo da lei também é especificado as atividades inerentes à gestão de resíduos que necessitam de licenciamento, o conteúdo dos planos de gestão de resíduos a serem realizados pelas indústrias e da recuperação das áreas já degradadas pelo descarte inadequado dos resíduos. No Capítulo 5 é detalhado o sistema de licenciamentos de atividades relacionadas na seção anterior.

O Capítulo 6 projeta a base do sistema de informações nacional e provincial sobre a gestão de resíduos no país e o Capítulo 7 trata da conformidade (*compliance*) e das penalidades pelo não cumprimento dessa lei. O Capítulo 8 se destina a estabelecer as responsabilidades dos órgãos de governo e de seus representantes no sistema nacional de gestão de resíduos. Por fim, o Capítulo 9 pontua que para a aplicação dos preceitos dessa lei é necessário realizar os trâmites de um processo consultivo à população ou setor afetado pela referida lei.

A Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos (Nº 59 – 2008) revogou as seções 19, 19A. 20, 24. 24A, 24B e 24C da Lei de Conservação do Meio Ambiente (Nº 73 – 1989), que tratavam sobre a classificação dos resíduos e da responsabilidade de cada pessoa em realizar o descarte adequado dos resíduos e; alterou outras seções em relação as penalizações pelas infrações à lei, visto que foram atualizadas e incluídas nessa regulamentação (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1989; REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2008).

O Era E-Waste Indwmp (2018) destaca os efeitos da Lei de Defesa do Consumidor (*Consumer Protection Act, Nº 68 – 2008*) publicada em 29 de abril de 2009, cujo objetivo entre outros é viabilizar um mercado sustentável de consumo, que informe o consumidor e promova um comportamento responsável deste. A referida lei, na seção 59, discorre sobre a recuperação e descarte seguro de produtos ou componentes designados por legislação nacional, no qual estabelece que qualquer pessoa que produza ou comercialize esses produtos deve aceitar o retorno desses bens, sem custo adicional ao consumidor. Em 3 de julho de 2009 o governo nacional emitiu a notificação GN 718, alinhada aos preceitos da Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos Nº 59 – 2008, na qual determina a todo indivíduo ou empresa a ilegalidade pelo descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos (BOB *et al*., 2017; LEDWABA; SOSIBO, 2017).

Em 26 de junho de 2020, o Ministro do Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente (*Department of Forestry, Fisheries and the Environment - DFFE*) expediu a consulta pública sobre os regulamentos propostos relativos à implementação da Responsabilidade Estendida ao

Produtor (*Extended Producer Responsibility – EPR*) fundamentada pela Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos (Nº 59 – 2008), onde a sociedade foi convidada a apresentar críticas e complementos em um prazo de 30 dias (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2020a).

Em 05 de novembro de 2020, o *DFFE* publicou a regulamentação da *EPR* ao setor de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE), em paralelo ao setor de iluminação e de papel e embalagens. A Regulamentação relativa à Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Regulations regarding Extended Producer Responsibility - EPR Act,* Nº 1184 – 2020) incluiu os conceitos de economia circular e de Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organization - PRO*) nas medidas de implementação da *EPR* onde:

> “[...] "economia circular" significa um sistema regenerativo no qual os insumos e desperdícios de recursos, emissões e vazamento de energia são minimizados por meio da redução, fechamento e estreitamento de ciclos de energia e materiais que podem ser alcançados por meio de projetos de *design* de produtos mais duradouros, que possibilitem a manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem e que contrastem com o modelo de economia linear de 'pegar, fazer, descartar';
>
> "organização de responsabilidade do produtor" significa uma organização sem fins lucrativos estabelecida por produtores ou qualquer pessoa que opere em qualquer um dos setores industriais abrangidos pelas notificações (*Notice*) publicados nos termos da Lei para apoiar a implementação de seu esquema de responsabilidade estendida do produtor e pode representar produtores individuais ou coletivos; [...]” (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2020d).

O regulamento *EPR* tem por objetivo fornecer os fundamentos para o desenvolvimento, implementação e controle dos sistemas *EPR*, assegurar a gestão eficaz dos produtos elencados em fim do ciclo de vida e incentivar projetos de economia circular no país. As medidas que devem ser implementadas pelos produtores incluem: infraestrutura que englobem toda a cadeia de valor, desde o uso de recursos naturais até a recuperação (coleta, triagem, reciclagem, valorização) e disposição final dos resíduos; avaliação do ciclo de vida e promoção de melhorias sustentáveis nos projetos de *design* dos produtos; medidas de produção mais limpa; sistemas e pagamento das taxas *EPR*; controle financeiro, da produção e geração de

resíduos e prestação de contas aos órgãos de governo; cooperação com os governos locais no aumento da canalização adequada dos resíduos recicláveis; desenvolvimento de mercados secundários e incorporação de materiais reciclados nos produtos fabricados; integração dos catadores informais e recuperadores de resíduos nos sistemas *EPR*; bem como estar alinhado à Lei de Empoderamento Econômico Negro de Base Ampla (*Broad-based Black Economic Empowerment Act*, Nº 53 - 2003); cooperação com as prioridades do governo sul-africano estabelecidas no item 6.9. dessa regulamentação que são: "[...] criação de trabalho decente; pagar um salário [...] não inferior à base mínima, a todos os catadores [...] pelas atividades realizadas em nome dos produtores; coesão social; crescimento econômico inclusivo; e melhor qualidade de vida." Os produtores podem optar em estabelecer sistemas de *EPR* individuais, coletivos ou serem representados pelas *PROs (*REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2020d).

Ao setor dos EEE, de acordo com a regulamentação complementar N° 1185 (2020), item 1 entende-se como produtor "[...] qualquer pessoa ou categoria de pessoas ou um proprietário de marca que se dedica à fabricação comercial, conversão, reforma ou importação de equipamentos elétricos e eletrônicos novos e/ou usados;" e responsabilidade estendida ao produtor significa que "[...] a responsabilidade do produtor pelo seu produto se estende até à fase pós-consumo do ciclo de vida de um produto." A norma complementar estabelece metas de incremento de coleta e reciclagem de 30% a.a. e define que os produtores devem se registrar junto ao *DFFE* em um prazo de até seis meses a partir de sua publicação no Diário do Governo Sul-Africano (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2020c).

Em 5 de maio de 2021, o governo nacional expediu a alteração Nº 400 à regulamentação sobre a *EPR,* na qual detalha as obrigações das Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organizations - PROs*) alinhadas as dos produtores de EEE, que permanecem solidários em seus deveres na gestão dos REEE. Cabe aos *PROs* realizar a gestão dos REEE, desde a coleta até a disposição final dos resíduos, gerenciando as atividades que porventura tenham sido terceirizadas, implementando um sistema de cobrança de taxas *EPRs* dos produtores membros, coletando e enviando dados ao sistema sul-africano de informações sobre resíduos, cooperando com os governos locais em aumentar a canalização adequada dos REEE e realizando a integração com o setor informal. Por outro lado, é dever dos produtores alocar fundos para o desenvolvimento e

implementação dos sistemas *EPRs* com o objetivo de aumentar a taxa de devolução dos REEE em 30% a cada ano das seguintes categorias: baterias, bens elétricos, bens eletrônicos de consumo e bens industriais eletrônicos. Ambos, *PROs* e produtores são responsáveis por auditar os sistemas de *EPRs* e prestar contas às autoridades competentes (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2021).

O Era E-Waste Indwmp (2018) também considera a Lei de Bens Usados (*Second-Hand Goods Act*, Nº 6 – 2009) fundamental à gestão dos REEE. Essa lei regula o mercado de bens de segunda mão que tenham valores de mercado superiores a 100 Rands (US$ 6,46), no qual inclui as atividades de penhores e de reciclagem (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2009).

Outras leis acrescentam determinados aspectos à normatização dos REEE, principalmente voltadas às questões ambientais e à saúde e bem-estar humano. (BORTHAKUR, 2020; GOSH *et al.*, 2016; LEDWABA; SOSIBO, 2017; UHUNAMURE, 2021). A seguir relacionamos as principais leis e regulamentos que fazem menção aos REEE.

A Lei sobre Substâncias Perigosas (*Hazardous Substances Act Nº 15 - 1973*) regulamenta o controle de substâncias que podem causar danos à saúde humana e o controle de determinados EEE, classifica essas substâncias e equipamentos conforme sua periculosidade e regulamenta sobre sua importação, produção, comercialização, consumo e descarte. Essa lei explica em seu item 1 (vi, vii, viii) o que são produtos eletrônicos, radiação de produtos eletrônicos e substâncias perigosas (BOB *et a*l., 2017; LEDWABA; SOSIBO, 2017; SOUTH AFRICAN GOVERNMENT, 2022, *online*).

A Lei da Segurança e Saúde Ocupacional (*Occupational Health and Safety Act*, Nº 85 – 1993) tem como objetivo assegurar um ambiente de trabalho adequado, que garantam a saúde e bem-estar dos trabalhadores no manuseio de substâncias, materiais e produtos que constituam algum grau de periculosidade (BOB *et al*., 2017; LEDWABA; SOSIBO, 2017; REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1993).

A Lei Nacional de Gestão Ambiental (*National Environmental Management Act,* Nº 107 - 1998), cujo texto foi alterado em 2002, 2003, 2004, 2008, 2009, 2013 e 2014 descreve os processos necessários à adequada gestão dos resíduos, incluiu os princípios da prevenção e redução de resíduos, da reutilização e reciclagem dos materiais e do descarte ambientalmente seguro, além dos conceitos de poluidor pagador e do ciclo de vida dos produtos. Essa lei estabelece a implementação de

planos integrados, industriais e estruturas de licenciamento de gestão de resíduos (BOB et al., 2017; REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1998). Segundo Ichikowitz e Hattingh (2020) essa lei fornece os fundamentos para a regulamentação das questões ambientais, como dos resíduos.

Em 2000, o governo nacional instituiu a Lei de Serviços Municipais (*Local Government: Municipal Systems Act*, Nº 32 – 2000) no qual os governos locais devem promover políticas e ações para a gestão dos resíduos e sua reciclagem, incluindo os REEE (BOB *et al*., 2017; REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2000). Em agosto de 2021 passou a vigorar em âmbito nacional a proibição de disposição final em aterros de resíduos eletrônicos perigosos entre outros fluxos de resíduos listados, de acordo com a R. 636 de 23 de agosto de 2013, exigindo que os municípios adotem medidas que garantam a aplicação da lei (PIENAAR *et al*., 2020; SMOUT, 2021).

O Era E-Waste Indwmp (2018), Gosh *et al*. (2016), Ledwaba e Sosibo (2017) e Uhunamure *et al.* (2021) acrescentam ao rol de legislações que regulamentam indiretamente os REEE a Lei da Saúde (Health Act, Nº 63 – 1977), a Lei Nacional da Água (National Water Act, N°36 - 1998), a Lei de Estruturas Municipais (*Municipal* Structures Act, Nº 117 - 1998), a Lei de Desenvolvimento de Recursos Minerais e Petrolíferos (*Mineral and Petroleum Resources* Development Act , Nº 28 - 2002) e a Lei de Desenvolvimento de Recursos Minerais e Petrolíferos (*Mineral and Petroleum Resources Development* Act, Nº28 – 2002). Diante disso, o *DFFE* afirma que o governo central possui muitos instrumentos e estruturas legais para realizar a gestão dos resíduos, inclusive dos REEE, na qual a regulamentação *EPR,* os planos de gestão de resíduos da indústria e a ação conjunta com as províncias e municípios são fundamentais ao êxito das políticas nacionais relacionadas (DEPARTMENT OF FORESTRY, FISHERIES AND THE ENVIRONMENT, 2019).

Os Planos de Gestão de Resíduos da Indústria aplicam-se especialmente à Indústria de Papel e Embalagem, Indústria Elétrica e Eletrônica e Indústria de Iluminação, que são avaliados periodicamente pelo governo nacional (DEPARTMENT OF FORESTRY, FISHERIES AND THE ENVIRONMENT, 2020). Os planos de gestão de resíduos dessas indústrias devem ser fundamentados nos princípios da redução, reutilização, remanufatura e reciclagem, descrevendo: (i) as partes envolvidas e seus papéis; (ii) projeções para os próximos cinco anos das quantidades geradas e tratadas de resíduos a partir da produção dos produtos, iii) medidas para o gerenciamento dos resíduos, (iv) metas e ações de redução de resíduos e prevenção da poluição; (v)

método de transporte, armazenamento e processamento dos resíduos; (vi) modelo de registro e de governança; (vii) plano de negócios, que detalhem os custos, receitas, geração de renda local, programas de integração do setor informal e conscientização da sociedade ao descarte adequado dos resíduos e; (viii) estrutura de cálculo para a definição de uma taxa de gestão de resíduos a ser cobrada sobre os EEE fabricados ou importados, novos ou usados, bem como os resultados esperados de sua aplicação no sistema de gestão de resíduos (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2017). O Plano de Gestão de Resíduos da Indústria de REEE da África do Sul em vigor é o de 2019-2024, submetido ao *DFFE* em 4 de setembro de 2018. As categorias de REEE incorporados ao plano são: EEE de grande e pequeno porte, equipamentos de TIC, componentes de painéis fotovoltaicos, equipamentos para iluminação, ferramentas eletroeletrônicas de pequeno porte, brinquedos e utensílios de lazer e desportivos, dispositivos médicos, equipamentos de controle e distribuidores automáticos (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

Além do plano de gestão de resíduos das indústrias, o governo, através do Departamento da Ciência e Inovação (*Department of Science and Innovation - DSI*) em parceria com outros órgãos de governo, indústria e academia estão implementando o Roteiro de Desenvolvimento e Inovação da Pesquisa de Resíduos 2015-2025 (*Waste Research Development and Innovation (RDI) Roadmap*). O Conselho de Pesquisa Científica e Industrial (*Council for Scientific and Industrial Research - CSIR*) foi nomeado pelo *DSI* para conduzir os trabalhos. O objetivo do *RDI* é impulsionar o desenvolvimento do capital humano, pesquisas e desenvolvimento (P&D) e inovação na área de resíduos, servindo de orientação para investimentos públicos e privados, gerando oportunidades locais em parcerias nacionais e internacionais e contribuindo para a transição do país à economia circular. O *RDI* está centrado em cinco fluxos prioritários de resíduos: sólidos urbanos, plásticos, orgânicos, pneus e de REEE; dentro de seis linhas de pesquisa: planejamento estratégico, modelagem e análise, soluções tecnológicas, redes de logística, resíduos e meio ambiente, resíduos e sociedade. O governo sul-africano reconhece que a gestão sustentável dos resíduos promove melhorias sociais, ambientais e viabiliza novos rumos de crescimento ao país, apoiados nos princípios da economia circular (DEPARTMENT OF SCIENCE AND INNOVATION, 2022, online).

Em síntese, o Quadro 46 resume as principais legislações de abrangência nacional relacionadas aos REEE instituídas na África do Sul.

Quadro 46 - África do Sul: legislação nacional

Legislação	Objetivos
Lei sobre substâncias perigosas - 1973	Regulamenta o controle de substâncias que podem causar danos à saúde humana e o controle de determinados EEEs.
Lei da segurança e saúde ocupacional - 1993	Garantir a saúde e bem-estar dos trabalhadores no manuseio de substâncias, materiais e produtos que constituam algum grau de periculosidade.
Convenção da Basiléia – 1994 Acordo internacional multilateral	Adoção à Convenção da Basiléia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu descarte e a sua ratificação.
Constituição da República da África do Sul - 1996	Garantia dos direitos humanos em um meio ambiente saudável. Assegurar o desenvolvimento sustentável do país.
Lei nacional de gestão ambiental - 1998 Texto alterado em 2002, 2003, 2004, 2008, 2009, 2013 e 2014.	Fornecer os fundamentos para a regulamentação das questões ambientais. Descrever os processos necessários à gestão dos resíduos. Estabelecer a implementação de planos integrados, industriais e estruturas de licenciamento de gestão de resíduos.
Lei de serviços municipais - 2000	Legisla sobre a prestação de serviços básicos nos municípios. Institui a responsabilidade aos governos locais de promover políticas e ações para a gestão dos resíduos e sua reciclagem.
Lei nacional de gestão ambiental: resíduos – 2008	Regulamentar a gestão de resíduos a nível nacional, inclusive dos REEE. Salvaguardar a saúde humana e a preservação do meio ambiente, reduzindo a poluição e recuperando áreas degradadas. Institui a aplicação da Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPR*) a um determinado produto ou categoria.
Lei de defesa do consumidor – 2008 Notificação GN 718 - lei nacional de gestão ambiental: resíduos – 2008	Estabelece que produtores e distribuidores de determinados produtos previstos em legislação nacional devem aceitar o retorno desses bens, sem custo adicional ao consumidor. Determina a todo indivíduo ou empresa a ilegalidade pelo descarte inadequado de REEE.
Lei dos bens usados – 2009	Regula o mercado de bens de segunda mão, que inclui as atividades de penhores e de reciclagem.
Regulamentação complementar Nº 1185 relativa à responsabilidade estendida ao produtor - setor de EEE – 2020	Fornecer os fundamentos para o desenvolvimento, implementação e controle dos sistemas *EPRs.* Assegurar a gestão eficaz dos produtos elencados em fim do ciclo de vida. Incentivar projetos de economia circular no país.
Alteração Nº 400 à regulamentação sobre a responsabilidade estendida ao produtor - 2021	Especifica as obrigações das Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PROs),*
Proibição de disposição em aterros de REEE - 2021	Proíbe a disposição final em aterros de resíduos eletrônicos perigosos.

Fonte: Basel Convention (2022), Bob *et al.* (2017), Era E-Waste Indwmp (2018), Ichikowitz e Hattingh (2020), Ledwaba e Sosibo (2017), Pienaar *et al*. (2020), Republic of South Africa (1993, 1996, 1998, 2000, 2008, 2009a, 2009b, 2020c, 2020d, 2021, 2022), Statistics South Africa (2019), Smout (2021)

Observa-se que apesar do país legislar sobre determinadas substâncias de alta periculosidade em 1973, somente nos anos de 1990 que a África do Sul intensificou a regulamentação de questões ambientais e que afetem a saúde humana. A Constituição de 1996 é considerada um marco para regulamentações futuras de gestão ambiental como garantia dos direitos humanos em um ambiente saudável. A partir desse ato são instituídas a Lei Nacional da Gestão Ambiental em 1998, atualizada ao longo dos anos, e em 2008 foi instaurada a Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos. Com essa lei a discussão sobre os resíduos de EEE, como também do papel e embalagens e do setor de iluminação avançaram para legislações que abordam questões específicas a estes em 2020 e 2021, implementando os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor e das Organizações de Responsabilidade do Produtor.

O Quadro 47 e 48 apresentam a função das estruturas institucionais por nível de abrangência e os instrumentos legais e de conformidade para a gestão dos resíduos sólidos relacionados aos REEE, citando o ano de sua instituição.

Quadro 47 - África do Sul: estruturas legais

Estruturas legais	**Nível**	**Função**
Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente (*Department of Forestry, Fisheries and the Environment – DFFE*)	Nacional	Liderar a gestão ambiental, conservação e proteção para a sustentabilidade em benefício da população. Gerenciar e garantir que as políticas nacionais de gestão de resíduos sejam implementadas e em conformidade aos planos, sistemas e padronizações. Gerir os planos de gestão de resíduos das indústrias.
Departamento de Comércio, Indústria e Concorrência (*Department of Trade Industry and Competition - DTIC*)	Nacional	Estabelecer com o *DFFE* quais produtos ou categorias de produtos devem ser enquadrados na regulamentação de responsabilidade estendida ao produtor (*EPR).*
Departamento da Ciência e Inovação (*Department of Science and Innovation – DSI*) Conselho de Pesquisa Científica e Industrial (Council for Scientific and Industrial Research - CSIR)	Nacional	Implementar o roteiro de desenvolvimento e inovação da pesquisa de resíduos 2015-2025 (*waste research development and innovation roadmap*). Impulsionar o desenvolvimento do capital humano, pesquisas e desenvolvimento (P&D) e inovação na área de resíduos.
Governos das Províncias	Províncias	Formatar e implementar planos integrados de gestão de resíduos a nível regional alinhados às legislações nacionais, garantindo a aplicação das leis nacionais.

Governo dos Municípios	Municipal	Formatar e implementar planos integrados de gestão de resíduos a nível local alinhados às legislações regionais e nacionais. Gerenciamento executivo de planos integrados de gestão de resíduos a nível municipal.

Fonte: *DFFE* (2022), *DSI* (2022), *DTIC* (2022), Republic of South Africa (2008)

Quadro 48 - África do Sul: instrumentos legais e de conformidade

Instrumentos Legais e de Conformidade	**Função**
Planos de gestão de REEE das indústrias – 2017	Apresentar análise de cenários, projeções, metas e plano de negócios que definam a taxa de reciclagem. Descrever as atribuições das partes envolvidas e os métodos a serem utilizados no gerenciamento dos REEE, fundamentados nos princípios da redução, reutilização, remanufatura e reciclagem.
Roteiro de desenvolvimento e inovação da pesquisa de resíduos – 2015	Impulsionar o desenvolvimento do capital humano, pesquisas e desenvolvimento (P&D) e inovação na área de resíduos.
Planos integrados de gestão de resíduos provinciais – 1998	Estabelecer plano integrado de gestão de resíduos a nível das províncias.
Planos integrados de gestão de resíduos municipais – 2000	Implementar políticas e ações para o gerenciamento dos resíduos e sua reciclagem.

Fonte: Bob *et al*. (2017), DFFE (2020), DSI (2022), Era E-Waste Indwmp (2018), Republic of South Africa (1998, 2000, 2017)

Verifica-se na estrutura sul-africana que o núcleo central da gestão ambiental e de resíduos compete ao Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente (*Department of Forestry, Fisheries and the Environment – DFFE*). Esse departamento, em parceria com outros órgãos de governo como o *DSI* e o *DTIC*, bem como com os governos das províncias e dos municípios, articulam com demais *stakeholders* para implementar planos de gerenciamento dos resíduos. Em específico à gestão dos REEE, os produtores de EEE registrados junto do *DFFE* implementam sistemas *EPRs* e constituem *PROs* para o gerenciamento da coleta, tratamento e disposição final dos REEE, alicerçados nos conceitos e princípios da economia circular. Espera-se com essas medidas traçar novos rumos ao desenvolvimento do país e sua transição para a economia circular. Percebe-se que o governo nacional, as indústrias, os governos locais e academia exercem papel relevante no desenvolvimento de pesquisas e capital humano na área de resíduos que resultem em oportunidades locais de geração de renda, progresso social e um ambiente saudável. Na seção a seguir, é descrito o papel desempenhado por cada parte envolvida na gestão dos REEE na África do Sul.

4.4.2 Atores nos processos inerentes aos REEE

As partes envolvidas nos processos relacionados aos REEE na África do Sul são agrupados em três categorias: (i) governo; (ii) mercado e (iii) sociedade seguindo a classificação de Monteiro (2019) e Vieira et al. (2020). O Quadro 49 apresenta e classifica os atores identificados no estudo do caso e a Figura 37 demonstra os atores na cadeia de valor dos REEE presentes no país.

Quadro 49 – África do Sul: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE

Atores	**Função na gestão de resíduos e de REEE**
Governo	
Governo nacional	Instituir leis e regulamentos para regular a geração e gestão dos REEE. Conceder permissão de gestão dos REEE aos produtores e *PROs.* Fiscalizar e controlar a efetividade das ações na cadeia da responsabilidade estendida ao produtor. Autorizar e fiscalizar a importação de REEE e de EEE usados. Promover a segurança e o bem-estar público.
Governo das províncias	Estabelecer planos de gerenciamento de resíduos a nível provincial para implementar os planos nacionais de geração e gestão de REEE. Monitorar e apoiar os governos municipais e o setor privado na gestão dos REEE.
Governos municipais	Coletar os resíduos residenciais e apoiar as atividades de reciclagem a nível municipal. Participar da conscientização da sociedade ao descarte adequado.
Mercado	
Produtores, montadoras e importadores.	Implementar sistemas EPR de forma individual ou coletiva, coletando REEE dos consumidores e canalizando-os aos meios de reuso, remanufatura e reciclagem licenciados. Dar a destinação final ambientalmente adequada aos REEE. Estabelecer a infraestrutura necessária ao funcionamento dos sistemas *EPR.* Proporcionar a integração do setor informal. Gerir a arrecadação e a aplicação da taxa de reciclagem. Prestação de contas às autoridades competentes. Promover a utilização de materiais reciclados e sistemas produtivos mais limpos na produção de EEE. Divulgar informações de segurança e impacto ambiental dos EEE. Atuar na conscientização da sociedade.
Distribuidores - atacadistas e lojas de varejo físicas e *online*.	Promover o retorno dos REEE de forma adequada e segura, informando e conscientizando os consumidores. Dispor local apropriado ao descarte e armazenamento temporário dos REEE Canalizar os REEE aos meios de reciclagem licenciados.

Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PROs*)	Estruturar, implementar, operacionalizar e gerir sistemas de responsabilidade estendida ao produtor no país.
Recicladoras/processadores de uso final de REEE	Recuperar materiais secundários de REEE para uso na fabricação de novos produtos.
Recicladores – Níveis (N)	
Empresas de grande escala (N1)	Coletar e pré-processar segmentos de REEE. Exportação a países com tecnologia de reciclagem final.
Empresas de média e pequena escala (N2)	Coletar, recondicionar e segregar os REEE. Venda de frações de REEE às recicladoras N1.
Centros de recompra e pontos de coleta (N3)	Coleta e armazenamento temporário dos REEE.
Catadores informais de resíduos (*informal waste pickers)* (N4)	Coleta de resíduos recicláveis em vias públicas, residências e aterros sanitários. Separação de REEE. Venda a pequenos comerciantes de sucata (intermediários).
Intermediários – pequenos e médios comerciantes de sucata	Comprar/coletar e separar os REEE por tipo. Revender os REEE às recicladoras ou a outros intermediários conforme o tipo de resíduo.
Grandes empresas de sucata	Comprar/coletar e separar os REEE por tipo. Revender os REEE às recicladoras conforme o tipo de resíduo.
Transportadores de REEE	Transporte de REEE entre as partes envolvidas.
Cooperativas e Associações de Catadores	Podem atuar em sistemas *EPRs*, desde que credenciadas.
Sociedade	
Consumidor	Compradores de EEE. Separar e descartar os REEE adequadamente.
Organizações sem Fins Lucrativos	Atuar na gestão sustentável dos resíduos e na melhoria das condições de trabalho dos catadores. Sensibilizar a sociedade ao descarte adequado dos REEE.
Instituições de ensino e de pesquisa	Fomentar a realização de pesquisas e desenvolvimento de capital humano. Inovação tecnológica e social.
Meios de comunicação - tradicionais e sociais	Meios de difusão da informação. Sensibilizar a sociedade ao descarte adequado.

Fonte: Elaborado a partir de Bimir (2020), Bob *et al*. (2017), Council for Scientific and Industrial Research (2016), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2019, 2020, 2022), Department of Science and Innovation (2021, 2022), Department of Trade Industry and Competition (2022), Era E-Waste Indwmp (2018), e-Waste Association of South Africa (2022), Finlay e Liechti (2008), Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Ground Work (2022), Ledwaba e Sosibo (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Pienaar *et al*. (2020), RECLAM (2022), Republic of South Africa (1998, 2000, 2008, 2017), SA Metal (2022), Smout (2021), South African Waste Pickers Association (2022), Universal Recycling (2022), Wiego's Organization & Representation Programme (2022)

Figura 37 – África do Sul: cadeia de valor dos REEE

Fonte: Elaborado a partir de Bimir (2020), Bob *et al*. (2017), Council for Scientific and Industrial Research (2016), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2019, 2020, 2022), Department of Science and Innovation (2021, 2022), Department of Trade Industry and Competition (2022), Era E-Waste Indwmp (2018), e-Waste Association of South Africa (2022), Finlay e Liechti (2008), Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Ground Work (2022), Ledwaba e Sosibo (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Pienaar *et al*. (2020), RECLAM (2022), Republic of South Africa (1998, 2000, 2008, 2017), SA Metal (2022), Smout (2021), South African Waste Pickers Association (2022), Universal Recycling (2022), Wiego's Organization & Representation Programme (2022)

Verifica-se que atores formais e informais atuam nos processos inerentes à gestão e ao processamento dos REEE na África do Sul. A regulamentação dos sistemas *EPRs* e das *PROs* estabelecem que se busque a integração do setor informal nos meios formais em uma gestão sustentável dos REEE.

Entre os *stakeholders* envolvidos na cadeia de valor dos REEE cabe ao governo nacional instituir leis que regulem e fomentem o mercado de REEE e a

cooperação entre as partes, atuando com estruturas de apoio e fiscalização e fornecendo dados relevantes, que subsidiem a formatação de planos de gestão de REEE (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; SMOUT, 2021). As três esferas de governo, nacional, províncial e municipal, são responsáveis pela gestão dos resíduos na África do Sul. No âmbito nacional, cabe ao *DFFE* a autoridade sobre a gestão de resíduos do país. O governo das províncias é responsável pela regulamentação regional, monitorando e apoiando as atividades do governo municipal e do setor privado. Nos municípios, o governo tem a obrigação constitucional de coletar, transportar, armazenar e descartar os resíduos residenciais, podendo atuar ou não nos resíduos do setor privado (SMOUT, 2021). Os governos das províncias e dos municípios, em suas esferas de atuação, devem implementar planos integrados de gestão de resíduos e sua reciclagem (LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; SMOUT, 2021), fornecendo infraestrutura para a consolidação dos recicláveis, separação dos materiais e reciclagem. Essas atividades podem ser terceirizadas ao setor privado (SMOUT, 2021).

Em específico aos REEE, cabe ao governo em suas esferas promover ações que visem a conscientização da sociedade para o descarte adequado dos REEE e sua reciclagem, bem como de seus próprios órgãos, visto que grande parte dos REEE são provenientes dos órgãos de governo (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017). O *DFFE* enaltece que o governo nacional em conjunto com o governo das províncias e dos municípios tem trabalhado em ações, campanhas e programas para aumentar a conscientização da população. Como exemplo é citado o Programa Expandido de Obras Públicas (*Expanded Public Works Programme – EPWP*), que tem entre os objetivos cooperar com a gestão de resíduos dos municípios, dos centros de recompra e de coleta de REEE, oportunizando a criação de empregos verdes, com o auxílio das organizações sem fins lucrativos e das associações comunitárias (DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, FORESTRY AND FISHERIES, 2019).

O mercado de produtores de EEE novos e usados na África do Sul é formado por importadores, montadores e fabricantes locais, seguindo sua ordem de participação. Calcula-se que 20% do mercado de EEE seja montado no país, porém a maior parte dos EEE são importados através de mais de 5.500 importadoras. Entretanto, há cerca de 50 produtores locais responsáveis por quase 50% do mercado de EEE. Dado às dificuldades de acesso da maioria da população a EEE novos e de

primeira linha, há um significativo mercado de recondicionadores e de doações de EEE de segunda mão de países ou empresas do exterior. Cabe destacar que das doações do exterior para as instituições de caridade no país, a maioria é formada por computadores e celulares e em torno de 50% desses não chegam ao destino funcionais ou recondicionáveis, somando diretamente ao montante de REEE do país. Por todos esses meios são gerados REEE e a legislação define que sejam implementados planos de gestão desses resíduos, abrangendo entre outros sistemas de orientações aos consumidores e recicladores, além de enviar as informações estabelecidas em lei às autoridades competentes (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

Entre os distribuidores de EEE estão os atacadistas e lojas de varejo físicas e *online*. Cabe a esses atuar no retorno (*take back*) dos REEE para recicladores licenciados, sem custo adicional aos consumidores, privados ou públicos, individuais ou coletivos. Para tal, os distribuidores devem dispor de locais para o descarte e armazenamento temporário dos REEE, orientando os consumidores a fazê-lo de forma adequada e segura. Ações voluntárias de determinados distribuidores têm ofertado ao consumidor um bônus pelo retorno de REEE na compra de novos EEE de TIC (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

O crescimento dos montantes de REEE no mercado sul-africano dos últimos anos tem conduzido ao aumento do número de empresas que se destinam a coletar, recondicionar, desmontar e processar esses resíduos no país, tornando-se a atividade principal em muitas delas, invertendo a tendência empresarial local de manter o tratamento de REEE como atividade complementar ou de operar como intermediário para empresas recicladoras da Ásia e Europa. Atualmente, mais de 100 empresas registradas no país atuam em atividades inerentes aos processos de reciclagem de REEE, com maior enfoque nas fases de segregação e pré-processamento (BIMIR, 2020; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; PIENAAR *et al*., 2020). Mas, calcula-se que 85% dos volumes processados de REEE estejam restritos a poucas empresas. A Provincia de Gauteng, que engloba duas das maiores cidades da África do Sul, Pretória e Joanesburgo, concentra a maior parte (55%) das empresas de coleta e processamento de REEE do país. Outras províncias como de Western Cape(15%) e KwaZulu (10%) somam em importantes polos de reciclagem, ampliando o mercado de tratamento de REEE (LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017).

Os recicladores de REEE são classificados pelo Era E-Waste Indwmp (2018) em quatro níveis, a saber: empresas recicladoras de REEE em grande escala (nível

1); empresas recicladoras de REEE em média e pequena escala (nível 2); centros de recompra e pontos de coleta de REEE (nível 3); coletores de resíduos informais de vias públicas, residências e aterros sanitários (nível 4). Além disso, essa organização categoriza os recicladores e exportadores de uso final de REEE e os transportadores de REEE. Essa organização observa que as empresas recicladoras de REEE em grande escala (nível 1) e em média e pequena escala (nível 2) se diferenciam na essencia pela capacidade e quantidade de REEE que coletam e processam anualmente.

Na África do Sul há sete recicladoras de REEE enquadradas nos requisitos de nível 1, que atuam de forma autônoma ou como parte de grandes corporações internacionais. Para tal, cumprem normas internacionais como a ISO 9001 (operacional/processo), ISO 14001 (ambiental e específica para REEE) e ISO 18000 (saúde e Segurança). As recicladoras de nível 1 coletam e tratam entre 1.000 e 5.000 t ao ano de REEE, empregam mais de 100 trabalhadores, faturam entre 646 mil e 6,5 milhões de dólares ano, cobrindo uma parcela significativa do montante de REEE e da área geográfica do país. Desta forma, detém forte poder no mercado de reciclagem, com grandes instalações para armazenamento e processamento e frotas de caminhões de coleta e transporte de resíduos. Essas empresas geralmente operam como pré-processadoras de determinados segmentos de materiais para exportação a países que detenham tecnologia para a reciclagem final. Em adição, se caracterizam por firmar alianças públicas e privadas estratégicas, estabelecer parcerias com meios de coleta formal e desmantelamento especializado efetuados por empresas menores e; utilizam tecnologias avançadas que permitam a despoluição e a reciclagem de metais nobres e não metais (ferro, aço, cobre, alumínio, componentes de placas de circuito, plásticos, vidros entre outros) (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017).

No nível 2 - recicladoras de REEE em média e pequena escala há em torno de 25 empresas no país, que apresentam estágios iniciais de alinhamento a padrões de normas e formalização das atividades. Essas recicladoras se caracterizam pela utilização maior de métodos manuais do que mecânicos e geralmente vendem frações de REEE às empresas do nível 1. O foco maior de suas atividades (60%) está no recondicionamento, complementada por alguns processos de reciclagem (40%). Situando-se em nichos ou rotas geográficas de REEE do país, calcula-se que as empresas de nível 2 processem em média 80 t ao ano de REEE, porém esses dados

flutuam entre 10 e 500 t. ao ano a depender da fonte de dados; faturem entre 65 e 650 mil dólares ao ano; empreguem de 5 a 25 trabalhadores e operem com 1 a 2 caminhões de coleta (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017).

Os centros de recompra e pontos de coleta de REEE são classificados como recicladoras de nível 3. Calcula-se que há cerca de 600 pontos de coleta e de recompra na África do Sul, que são dispostos pelas administrações municipais, varejistas de EEE, instituições voluntárias ou pelas próprias recicladoras. Há centros de recompra formais e informais, que operam na ilegalidade e não são beneficiados pelos planos de gestão de REEE das indústrias, porém são incentivados a se formalizarem e terem suas atividades em conformidade com a lei. Cada ponto coleta entre 3 e 18 t de REEE ao ano, cujo somatório alcança cerca de 3.600 t ao ano. As instalações desses centros vão desde simples lixeiras dispostas no local, ou contêineres de carga, ou mesmo espaços abertos destinados ao descarte e armazenamento temporário dos REEE, que são muitas vezes recuperados por coletores informais ou são alvo de furtos de partes dos REEE ou de seu todo. A *PRO* Era ressalta que o custo de transporte de REEE dos recicladores níveis 3 exclusivamente para os recicladores níveis 1 e 2 são supridos pelos fundos da organização (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

Enquanto os recicladores e exportadores de uso final de REEE e os recicladores de N1, N2, N3 e N4 compõem o lado formal da cadeia de valor dos REEE, os catadores informais de recicláveis constituem o mercado informal de resíduos. Estima-se que os catadores informais sejam responsáveis por 25% do montante de REEE reciclados no país, com mais de 90 mil trabalhadores informais envolvidos na coleta e canalização dos resíduos. Destes, calcula-se que aproximadamente 10 mil tenham suas atividades bem consolidadas. Os REEE são coletados em meio a outros recicláveis e lixo comum nas lixeiras das vias públicas urbanas, nos centros comerciais e nos aterros municipais. Esses resíduos são revendidos a pequenos e médios comerciantes de sucatas formais e informais, que os revendem a grandes empresas de sucata formalizados (BIMIR, 2020; COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH, 2016; ERA E-WASTE INDWMP, 2018; GODFREY; STRYDOM; PHUKUBYE, 2016; PIENAAR *et al.*, 2020; SOUTH AFRICAN WASTE PICKERS ASSOCIATION, 2022, *online*).

Empresas sucateiras de grande porte também atuam como recicladoras de REEE. São exemplos a SA Metal, a Reclaim e a Universal Recycling que compram os REEE e outros metais no mercado e reciclam os metais ferrosos e não ferrosos de acordo com o pedido de seus clientes locais e do exterior. Essas empresas possuem unidades nos arredores da cidade de Joanesburgo, sendo que a SA Metal também possui uma unidade na Cidade do Cabo (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; PIENAAR *et al*., 2020; RECLAM, 2022, *online*; SA METAL, 2022, *online*; UNIVERSAL RECYCLING, 2022, *online*). A Recyclex e a Desco são exemplos de grandes recicladoras de REEE. A primeira está instalada na região de Kwazulu e a segunda possui unidades em Joanesburgo, Cidade do Cabo e Kwazulu (Desco, 2022, *online*; Recyclex, 2022, *online*).

A organização Era E-Waste Indwmp (2018) segrega da classificação dos recicladores as empresas de grande porte que são recicladoras e exportadoras de uso final de REEE. Essas empresas em especial recuperam materiais secundários dos REEE para a utilização na fabricação de novos produtos. Porém, como grande parte dos EEE são importados, o produto final dessas empresas tende a ser exportado. Na África do Sul há duas recicladoras/processadoras que se enquadram nessa categorização, a saber: SA Precious Metals e Rand Refinery, ambas especializadas em metais preciosos.

Outro destaque é dado aos transportadores de resíduos, apontado como o item de maior custo na cadeia de valor dos REEE, mas essencial ao desenvolvimento de sistemas interligados de coleta e processamento de REEE. Atualmente, os REEE são transportados entre as partes envolvidas de três formas: pela própria frota de transporte das recicladoras, por empresas privadas contratadas para realizar o transporte ou pelos serviços de limpeza municipal, pois REEE são descartados de forma inadequada no lixo comum (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

Com a oficialização das Organizações de Responsabilidade do Produtor (*Producer Responsibility Organization - PRO*) ao setor de equipamentos eletroeletrônicos em 2020 como meio de gestão dos REEE, o governo nacional oportunizou a associação de produtores com outras partes envolvidas da cadeia de valor dos REEE como distribuidores, coletores, transportadores e recicladoras com o objetivo primeiro de implementar sistemas *EPRs* em planos de gestão de REEE sustentáveis, que promovam a economia circular no país. O ERA NPC PRO é uma organização que realiza a gestão de REEE a nível nacional em nome de seus

membros e subsidiada por estes. Atualmente, os membros ativos da ERA representam mais de 80% do mercado de EEE, 50% dos equipamentos TIC e 70% do mercado de reciclagem da África do Sul (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

A cooperação e parcerias entre as partes envolvidas envolvem também as organizações sem fins lucrativos, que representam determinados grupos de atores na cadeia de valor dos REEE na África do Sul. Dentre eles estão: o e-Waste Association of South Africa (eWASA, 2022, *online*), que atua desde 2008 com os produtores, distribuidores, recondicionadores, desmanteladores e recicladores de REEE para uma gestão sustentável dos resíduos; a South African Waste Pickers Association (SAWPA, 2022, *online*), que trabalha desde 2009 na coesão e promoção dos direitos dos catadores de recicláveis; o WIEGO's Organization & Representation Programme (ORP, 2022, *online*), que apoia associações de trabalhadores informais e; a Ground Work (2022, *online*), que concentra o apoio ao reconhecimento do trabalho dos catadores de recicláveis na área de resíduos.

O aumento significativo do consumo de EEE no país seja pela busca de novas tecnologias, mudanças dos padrões de vida ou mesmo pela preferência do consumidor, faz crescer o mercado de novos EEE, mas também do mercado de segunda mão e de recondicionamento dos EEE usados, pois há uma grande parcela da população com baixo poder aquisitivo para o acesso a equipamentos novos e de primeira linha (LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017). A maior parte do consumo de EEE e geração de REEE está centrada nas instituições corporativas, privadas e governamentais, que adquirem grandes escalas de equipamentos de TIC (LEDWABA; SOSIBO, 2017). No meio doméstico, os REEE da linha branca constituem a maior parcela dos resíduos descartados (FINLAY; LIECHTI, 2008; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017).

O descarte dos REEE, em sua maioria, é realizado no próprio domicílio dos residentes, coletado de porta em porta, por catadores de recicláveis, intermediários ou por empresas recicladoras, que tem ampliado o número de coletores de REEE em locais públicos (LEDWABA; SOSIBO, 2017; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017). Porém, muitas famílias optam por armazenar os REEE em suas residências como forma de manter peças e equipamentos sobressalentes (UHUNAMURE *et al*., 2021). O estoque de REEE é observado também nos órgãos de governo, devido à ausência ou sistemas precários de registro e controle de ativos e sua alienação (ERA E-WASTE INDWMP, 2018).

O governo nacional, ciente dos desafios, mas também das oportunidades da gestão dos resíduos, investe em projetos em parcerias com o setor privado e a academia. Em 2012, o *DSI/CSIR* em parceria como *DFFE* iniciaram os trabalhos em torno do Roteiro de Desenvolvimento de Pesquisa de Resíduos e Inovação para a África do Sul (*Waste Research, Development and Innovation (RDI) Roadmap*) que foi implementado para o período de 2015-2025. Com a missão de orientar o investimento público e privado em resíduos, o *RDI* tem o objetivo de desenvolver capital humano, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação, que contribuam com tecnologias para desviar resíduos dos aterros e fomentar a agregação de valor em mercados secundários de materiais. Com um investimento inicial de 257,90 mil dólares para o período 2015-2025, o projeto possui atualmente mais de 140 pesquisadores envolvidos em 23 instituições de ensino e pesquisa, distribuídos na África do Sul (80%) e em parcerias internacionais entre instituições da África, Europa, Ásia e Américas, intensificando cooperações nacionais e internacionais no desenvolvimento de habilidades e inovações tecnológicas e sociais necessárias para a transição do país para a economia circular. Em relação aos REEE, há pesquisas em parceria com o *DTIC* sobre mineração urbana, novas tecnologias e negócios, treinamento do setor informal e participação das famílias nos REEE. As universidades de KwaZulu-Natal, Cape Town, Johannesburg e North-West atuam em P&D sobre resíduos e detém cursos de graduação e pós-graduação em resíduos. Nesse contexto, a mídia tem o papel de publicar e dar ênfase aos estudos e resultados alcançados, bem como disseminar informações que contribuam para o desenvolvimento de novas pesquisas e a conscientização das partes envolvidas (DEPARTMENT OF SCIENCE AND INNOVATION, 2021). Essas universidades estão situadas em grandes centros urbanos e próximos aos principais centros de processamento e reciclagem de REEE da África do Sul.

Entre os maiores centros urbanos da África do Sul estão as metrópoles de Joanesburgo (Johannesburg) com mais de 5,5 milhões de habitantes, seguido pela Cidade do Cabo (Cape Town) com cerca de 4,3 milhões e Pretória com mais de 2.7 milhões de habitantes. A Cidade do Cabo e Pretoria são as capitais executiva e legislativa da África do Sul, enquanto Joanesburgo é o centro econômico e financeiro da África do Sul, além de ser a moradia de quase 10% da população do país (COOPERATIVE GOVERNANCE AND TRADITIONAL AFFAIRS, 2020), o que sugere ser uma das maiores geradoras de REEE do país, examinada a seguir.

4.4.3 REEE na metrópole Joanesburgo (Johannesbug)

A metrópole de Joanesburgo (Johannesburg), também conhecida como Joburg, tem uma população estimada de 5,4 milhões (2019), está situada na província de Gauteng em uma área de 1.644 Km2, dividida administrativamente em sete regiões e é a maior cidade da África do Sul em termos de tamanho, população e economia. Centro econômico e financeiro do país, Joanesburgo também se destaca no mercado global e do continente africano. A cidade contém a Bolsa de Valores Johannesburg referência para a África, é sede de mais de 70% das empresas sul-africanas, gera 16,5% da riqueza nacional e emprega 12,5% da população economicamente ativa do país. Em 2018, Joanesburgo contribuiu com 14,9% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, ou seja US$ 60,32 bilhões e mantinha 2,13 milhões de empregos, o que correspondia a 41,88% dos empregos da província de Gauteng. Na economia da metrópole a maior contribuição vem do setor de serviços (terciário). Dos dados registrados em 2018, os serviços financeiros representavam 28,1% do valor agregado bruto, os serviços públicos 24,7% e o comércio 14,7%. O setor secundário é composto pelas atividades de indústria, energia e construção civil, enquanto o setor primário é composto por atividades de mineração e da agricultura, pouco representativa na cidade. Nesse cenário, o governo local calcula que o setor informal seja responsável por 7 a 13% da economia da metrópole. Com uma taxa de crescimento do PIB de 0,77% (2018), o governo municipal estima que nos próximos 10 anos serão investidos pelo setor privado mais de 10 bilhões de dólares na cidade e em 2023 Joanesburgo alcance o PIB de mais de 35,46 bilhões de dólares. Ao longo de sua história, a cidade foi se tornando atrativa a empreendedores e trabalhadores, com infraestrutura de padrões globais e centros de inovação, pesquisa e desenvolvimento conceituados, abrigando indústrias de vários setores (COOPERATIVE GOVERNANCE AND TRADITIONAL AFFAIRS, 2020; WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

No entanto, a metrópole também enfrenta os desafios globais do crescimento econômico e populacional, urbanização e desigualdades, consumo e geração de resíduos. A taxa de crescimento da população tem reduzido desde 2011, de 3,5% para uma média de 2,4% a.a., mas é maior do que a média nacional e da província de Gauteng. Do total de residentes da metrópole 30% advêm dos fluxos migratórios, que registraram no período de 2017/2018 uma média mensal de 16 mil entrantes. O

aumento do número de pessoas vivendo em situação de pobreza agrava as desigualdades historicamente existentes. De 2008 a 2018 o número de pessoas vivendo em situação de pobreza aumentou 23,20% atingindo 2,3 milhões de pessoas. Em 2018, cerca de 61,4% dos grupos populacionais africanos viviam em situação de pobreza. Em comparação, no grupo populacional de brancos e asiáticos, o percentual era de 0,92% e 3,09% respectivamente no mesmo ano (COOPERATIVE GOVERNANCE AND TRADITIONAL AFFAIRS, 2020).

A geração de resíduos, por sua vez, está crescendo progressivamente. De 2019 a 2020 houve um acréscimo de 18% no montante de resíduos despejados nos aterros sanitários, atingindo 1.299.353 toneladas em 2020, sendo que três dos quatro aterros estão operando no limite de sua capacidade (CITY OF JOHANNESBURG, 2020, 2022, *online*). O custo anual dos aterros sanitários da cidade é em torno de 4,89 milhões de dólares, mas o custo anual com o despejo ilegal ultrapassa os 5 milhões de dólares (PIKITUP JOHANNESBURG SOC LIMITED, 2022, *online)*. O gerenciamento dos resíduos da metrópole está alinhado à Lei de Serviços Municipais (2000), à Lei Nacional de Gestão Ambiental (2008) e a estratégia nacional de gestão de resíduos de reduzir, reutilizar e reciclar ratificadas por lei municipal em 2013. A empresa pública municipal Pikitup é quem executa a gestão dos resíduos, cuja missão é reduzir os volumes de resíduos despejados nos aterros, buscando integrar e articular a implementação de ações e programas com todas as partes envolvidas, inclusive associações comunitárias, ONGs, cooperativas e catadores informais. Com projetos de novas tecnologias para tratamento de resíduos, de geração de energia e criação de empregos a gestora Pikitup tem o propósito de extrair valor ao longo da cadeia de processamento dos resíduos transformando em retornos econômicos à sociedade. Nessa direção, de 2019 para 2020 o desvio de resíduos dos aterros apresentou uma melhora, passando de 83.103 para 110.130 toneladas, 8,47% do total despejado em aterros (CITY OF JOHANNESBURG, 2020, 2022, *online*).

A gestora de resíduos Pikitup divulga em seu portal eletrônico o endereço dos pontos de coleta de resíduos recicláveis, bem como seu plano de negócios anual. Atualmente, a Pikitup tem uma estrutura de 12 instalações para o gerenciamento dos recicláveis, 33 estações de descarte de resíduos para separação na fonte em praças e jardins públicos, quatro aterros sanitários e um incinerador. A gestora calcula que 13% dos resíduos gerados em Joanesburgo sejam reciclados. O plano atual da entidade, que está alinhada às diretrizes do governo local de crescimento e

desenvolvimento e aos planos nacional e local de gestão de resíduos, detalha as diretrizes e objetivos anuais para a gestão dos resíduos de Joanesburgo, em que destacamos ações relacionadas à gestão dos REEE, que são: ampliar as instalações para coleta e processamentos iniciais da reciclagem de resíduos; fornecer sacos de lixo aos catadores e comerciantes informais; realizar campanhas de educação e conscientização, de limpeza, de descarte adequado e separação dos recicláveis na fonte; integrar e oportunizar a formalização dos catadores e do comércio informal; viabilizar a formação de associações e cooperativas de catadores; capacitar catadores e cooperativas por parceiros da cadeia de valor; empregar os serviços dos catadores e cooperativas nos estágios iniciais da reciclagem dos resíduos, como a coleta e separação; oportunizar o estabelecimento de parcerias entre coletores e recuperadores de pequena escala com empresas de médio e grande porte; terceirizar frações da coleta e gestão de resíduos às cooperativas comunitárias e empreendedores, inclusive em assentamentos informais. Nesse sentido, a empresa está realizando projetos piloto em determinadas regiões do subúrbio da cidade, no qual empresas contratadas atuam junto à comunidade para separar os recicláveis na fonte, realizando a posterior coleta e canalização adequada dos resíduos. Cabe à Pikitup contribuir para que sistemas de reciclagem sejam estabelecidos em Joanesburgo, no qual os resíduos possam ser utilizados como materiais de novos produtos e as comunidades e empreendedores possam se beneficiar das atividades da reciclagem. A empresa atende as residências e cerca de 17 mil empresas da cidade (PIKITUP JOHANNESBURG SOC LIMITED, 2022, *online)*.

De acordo com Samson (2021) há 8.000 catadores informais de recicláveis em Joanesburgo, que coletam em média 128 kg dia em lixeiras, vias públicas e aterros. Muitos destes trabalham há décadas como catadores, passando a atividade de geração a geração, e economizam aos municípios cerca de 49 milhões de dólares ao ano pelo desvio dos resíduos dos aterros. A ONG African Reclaimers Organization (ARO, 2022, *online*) explica que os catadores coletam todos os materiais que conseguem vender nos centros de recompra como plásticos, papel e resíduos eletrônicos. Com mais de 5.500 catadores cadastrados em Joanesburgo, a ARO tem desenvolvido projetos piloto em parceria com outros *stakeholders* da cadeia de valor dos resíduos. Um dos projetos, em associação com a empresa Unilever e a Universidade de Witwatersrand de Joanesburgo, está desenvolvendo um programa de reciclagem na cidade com os catadores independentes (informais) e os moradores

das regiões de Auckland Park, Brixton e Bordeaux. O objetivo do projeto é que os moradores realizem a separação dos resíduos na fonte e os catadores coletem esses materiais e sejam pagos pela prestação do serviço, com base no peso dos materiais coletados. Posteriormente, esses materiais ainda podem ser vendidos nos centros de recompra. No piloto a Unilever tem patrocinado o pagamento aos catadores, mas a intenção é que o projeto se estenda a outras regiões da cidade, seja assumido pela gestora municipal Pikitup e seja replicado para outras cidades da África do Sul. As comunidades de Randpark Ridge, Northcliffe e Riverlea de Joanesburgo já manifestaram interesse na adesão ao programa. A ARO destaca que esse projeto é o primeiro programa do país a remunerar os catadores pelo serviço de coleta e a sua eficácia depende de uma forte coesão com os representantes das comunidades, prestando contas das ações e montantes coletados, bem como atuando na informação, sensibilização e conscientização dos residentes. A ONG enfatiza e exemplifica a importância do papel desempenhado pelos catadores na gestão dos resíduos do país, sendo responsáveis por 80 a 90% de toda coleta e canalização das embalagens recicláveis do país.

O mercado formal de EEE e reciclagem de REEE vem se destacando na metrópole de Joanesburgo. Atualmente, de acordo com o Centro de Informações de Resíduos da África do Sul (South African Waste Information Centre – SAWIC, 2022, *online*), há a nível nacional 127 produtores e cinco *PROs* do setor de equipamentos elétricos e eletrônicos registrados junto ao *DFFE* conforme regulamentação complementar N° 1185 (2020). Dessas empresas, 41,7% estão localizadas em Joanesburgo, distribuídos em 15 fabricantes, 32 importadores, quatro recondicionadores/revendedores de segunda mão e dois recicladores.

Contudo, conforme mapeamento realizado por Lydall, Nyanjowa e James (2017) há outras empresas envolvidas na reciclagem dos REEE, mas que podem não ter concluído o registro de *EPRs* no *DFFE* até o momento. Esses autores mapearam o volume e atividades de 23 empresas recicladoras de médio e grande porte da África do Sul. Entre as cinco empresas que processam mais de 1.000 t de REEE ao ano no país, quatro empresas estão localizadas em Joanesburgo, cujas características estão apresentadas no Quadro 50.

Quadro 50 – Joanesburgo: recicladoras de grande porte

Empresa – ano de constituição	Materiais processados	Processos realizados na cadeia de valor	Volume REEE (2015)
Desco Electronic Recyclers (1992)	Placas de circuito impresso, metais ferrosos e não ferrosos, vidros e plásticos.	Coleta, desmontagem e pré-processamento	5.000 t
Sindawonye Granulators & Processors (1997)	Placas de circuito impresso, metais ferrosos e não ferrosos e plásticos.	Coleta, desmontagem e pré-processamento	3.000 t
Universal Recycling Company (1992)	Placas de circuito impresso, metais ferrosos e não ferrosos e plásticos.	Coleta e pré-processamento	3.000 t
New Reclamation Group (Reclam) (1970)	Placas de circuito impresso, metais ferrosos e não ferrosos, papel, vidros e plásticos.	Coleta, desmontagem e pré-processamento	1.500 t

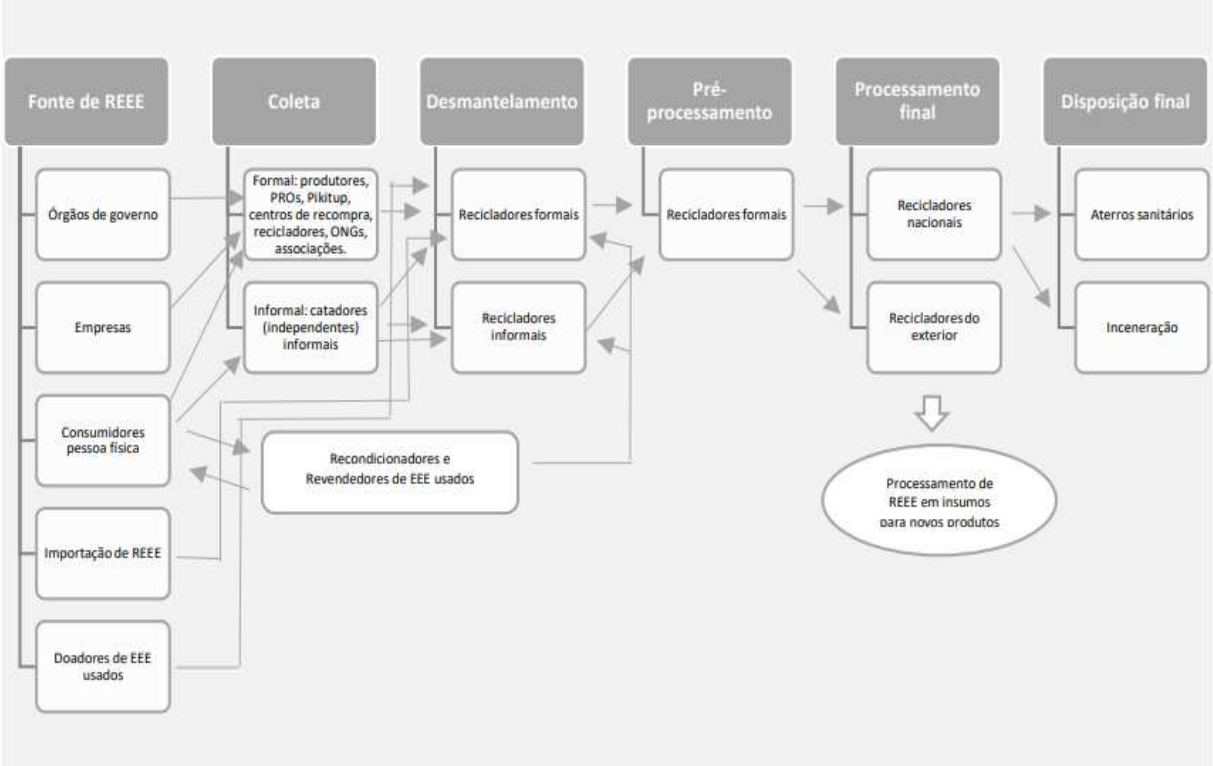
Fonte: Desco (2022), Grant *et al.* (2019), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Reclam (2022), Sindawonye (2022), Universal Recycling (2022)

Verifica-se que as empresas listadas realizam as atividades de coleta, desmontagem e pré-processamento dos REEE, enviando a outros recicladores, em sua maioria no exterior, para o processamento final dos materiais. Nota-se que além do tratamento dos metais as empresas reciclam também papel, vidro e plástico, também encontrados nos REEE. Em pesquisa pela história de cada empresa em seus portais eletrônicos, percebe-se que ao longo do tempo as recicladoras foram e estão investindo em novas tecnologias que lhes permite reciclar resíduos de maior complexidade e em maior escala de processamento, ampliando em paralelo o número de centros de coleta e tratamento pelas províncias do país (DESCO ELECTRONIC RECYCLERS, 2022, *online*; NEW RECLAMATION GROUP LTD, 2022, *online*; UNIVERSAL RECYCLING COMPANY, 2022, *online*). A Desco, a Sindawonye e a Universal Recycling se concentraram no pré-processamento de REEE desde sua fundação, enquanto outras empresas (Ex: Reclam) recebem tanto REEE quanto outras sucatas. A Desco possui 61 centros de coleta em oito províncias do país. A Reclam tem uma rede de 100 filiais distribuídas nos grandes centros urbanos em todas as nove províncias do país e conta com uma frota de mais de 800 caminhões para a coleta e transporte dos resíduos. Outras empresas de médio e pequeno porte somam na capacidade instalada em Joanesburgo de reciclar REEE como a Computer Scrap Recycling (240 t/ano), Waste Plan (200 t/ano), a SmartMatta (Re-Ethical) (60 t/ano) entre outras. As recicladoras de grande porte empregam em média entre 100 a 200 trabalhadores, enquanto que as recicladoras de médio porte empregam entre 25 e 50 trabalhadores (GRANT *et al.*, 2019; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017).

A instituição de legislações recentes sobre os *EPRs*, *PROs* e priorização da gestão dos REEE está alterando o papel e as relações das partes envolvidas no mercado de EEE e REEE, no qual as operações formais se entrelaçam com as atividades informais, principalmente nos estágios iniciais do processamento dos REEE, como a coleta e desmantelamento. A Figura 38 demonstra o fluxo dos REEE na cidade de Joanesburgo entre o setor formal e informal, que se apresenta também em outras regiões da África do Sul.

Verifica-se na figura que o mercado de REEE apresenta um fluxo formal de reciclagem onde são canalizados os resíduos dos consumidores às empresas recicladoras de pequena, média e grande escala. A instituição de regulamentações específicas aos REEE procura reforçar os meios formais dos fluxos de reciclagem. Conforme Lydall, Nyanjowa e James (2017) a coleta e desmantelamento iniciados em pequenos e médios recicladores normalmente seguem para recicladoras de grande porte para o pré-processamento e processamento final. Contudo, o mercado formal de REEE caminha em paralelo ao mercado informal historicamente instalado, dilatado pela importação de REEE, pela doação de EEE usados às ONGs locais e pelo crescente mercado de EEE de segunda mão.

Figura 38 – África do Sul: fluxo dos REEE entre os atores formais e informais



Fonte: Elaborado a partir de: African Reclaimers Organization (2022), Bimir (2020), Bob *et al*. (2017), City of Johannesburg (2020, 2022), Cooperative Governance and Traditional Affairs (2020), Council for Scientific and Industrial Research (2016), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2019, 2020, 2022), Department of Science and Innovation (2021, 2022), Department of Trade Industry and Competition (2022), Desco Electronic Recyclers (2022), Era E-Waste Indwmp (2018), e-Waste Association of South Africa (2022), Finlay e Liechti (2008), Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Ground Work (2022), Ledwaba e Sosibo (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), New Reclamation Group (2022), Pikitup Johannesburg Soc Limited (2022), Pienaar *et al*. (2020), RECLAM (2022), Republic of South Africa (1998, 2000, 2008, 2017), Samson (2021), SA Metal (2022), Smout (2021), South African Waste Information Centre (2022), South African Waste Pickers Association (2022), Universal Recycling (2022), Wiego's Organization & Representation Programme (2022), World Bank Data (2022)

Nota-se, pelos exemplos citados de Joanesburgo, mas replicados em esfera nacional, que os governos, o mercado e a sociedade estão em processo de projetos piloto, aprendizados e início de implementação de planos que viabilizem a redução da geração dos resíduos e permitam a reciclagem dos materiais em sistemas circulares.

Porém, mudanças desafiam a conjuntura atual e enfrentam barreiras, mas também criam oportunidades para o desenvolvimento sustentável. Na sequência, com o propósito de melhor compreender a gestão formal e informal dos REEE na África do Sul à nível nacional, são analisados seus desafios, barreiras e proposições de melhoria, mantendo o foco no ambiente urbano das metrópoles.

4.4.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE

A África do Sul intensificou a promulgação de leis relacionadas à gestão ambiental e às substâncias perigosas a partir dos anos de 1990, e a gestão nacional de resíduos foi estabelecida em 2008 com a lei nacional de gestão ambiental – resíduos. O país não tem uma legislação específica a gestão dos REEE, mas há um conjunto de leis que tratam do meio ambiente e da gestão de resíduos, nas quais os REEE estão incluídos. Em 2020 e 2021, o país instituiu regulamentações mais específicas ao setor de EEE, em paralelo aos setores de iluminação, papel e embalagens, definindo os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsibility – EPR)*, as Organizações de Responsabilidade Estendida ao Produtor *(Producer Responsibility Organization - PRO)* e a proibição do descarte de REEE nos aterros sanitários.

O arcabouço legal fornece as diretrizes para o gerenciamento dos REEE, mas a ausência de uma legislação específica à gestão dos REEE, que congregue as diversas perspectivas de cada lei dificulta a implementação de um sistema nacional

eficaz de gestão de REEE (BIMIR, 2020; BOB *et al*. 2017; BORTHAKUR, 2020; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; LEDWABA; SOSIBO, 2017). Esses autores argumentam que como cada lei é estruturada por órgãos e esferas diversas, estas tendem a apresentar lacunas a um sistema único e até o presente pouco monitorado, pois não há clarificação na atribuição das responsabilidades de cada órgão envolvido. Além disso, há de se considerar que os atos específicos de 2020 e 2021 foram estabelecidos nos períodos turbulentos da pandemia do Covid 19 e, portanto, muito recentes para avaliações de resultados.

O Departamento de Florestas, Pescas e Meio Ambiente (*Department of Forestry, Fisheries and the Environment – DFFE*, 2022, online), ciente das oportunidades do mercado de reciclagem, reconhece e identifica inúmeros desafios a serem superados na gestão de resíduos no país, entre eles os REEE. O *DFFE* destaca entre os desafios: crescimento da população, economia e geração de resíduos, complexidade dos fluxos de resíduos, acesso a serviços de resíduos por todos os cidadãos, insuficiência e imprecisão de dados, escassez de regulamentações que clarifiquem as responsabilidades das partes envolvidas, limitada infraestrutura nacional de reciclagem, aplicação de tarifas de gestão de resíduos baixas que não viabilizam novos investimentos, utilização de poucas tecnologias de tratamento de resíduos, aterros sanitários e instalações inapropriadas para o processamento dos resíduos.

Apesar das pesquisas realizadas por órgãos ligados ao governo, os dados sobre o mercado de resíduos e dos REEE são pouco conhecidos, insuficientes, imprecisos, desatualizados e por vezes indisponíveis. Espera-se que com a implantação dos sistemas de *EPRs*, que incluem o envio de relatórios periódicos às autoridades competentes se tenham dados nacionais de geração e processamento de categorias de REEE mais próximos da realidade (ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; LEDWABA; SOSIBO, 2017; PIENAAR *et al*., 2020). Machete (2017) expõe que é de reconhecimento público que a gestão dos resíduos tem avançado no país, mas a falta de conteúdo de quanto e como mantem o risco ao meio ambiente e à saúde humana, sobretudo aos trabalhadores informais que coletam e manuseiam os resíduos nos aterros e vias públicas, assim como dos residentes próximos aos aterros.

O mercado de reciclagem de REEE na África do Sul tem se mostrado promissor e vem crescendo ao longo dos anos, porém está centrado nos estágios iniciais da reciclagem desses resíduos, que são a coleta, o desmantelamento manual

e pré-processamento. Há no país duas recicladoras que processam alguns materiais dos REEE, sendo a grande maioria exportado para outros países (LEDWABA; SOSIBO, 2017; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; PIENAAR *et al*., 2020; UHUNAMURE *et al*., 2021). Bob *et al.* (2017) argumentam que a instalação de recicladoras de processamento final dos REEE requer altos investimentos em infraestrutura e tecnologia nacional, enquanto o foco principal do governo é o de redução da pobreza com a geração de renda, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental; que pode ser obtido em um primeiro momento com o desenvolvimento do mercado de desmantelamento, reutilização e pré-processamento dos REEE. Desta forma, não há incentivos financeiros diretos ao mercado de reciclagem, mas esforços centrados em oportunizar a criação de empregos e empreendedorismo nesse setor.

Um dos maiores desafios para o desenvolvimento desse mercado no país é obter volumes suficientes de REEE que tornem os processos de reciclagem economicamente viáveis, oportunizando investimentos em tecnologias para o processamento e agregação de valor local aos REEE (INSTITUTE OF WASTE MANAGEMENT OF SOUTHERN AFRICA, 2022, *online;* LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; PIENAAR *et al*., 2020). De outra parte, o apego emocional e o hábito de armazenar EEE usados e seus resíduos dos sul-africanos não contribui à formação de volumes suficientes às atividades das recicladores (ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; PIENAAR *et al*., 2020). Segundo dados da pesquisa realizada por Uhunamure *et al.* (2021) em domicílios da Provincia de Limpopo, 23% das famílias têm o hábito de armazenar EEE usados e seus resíduos em suas residências e 13% procuram doar os REEE a parentes, amigos e instituições de caridade. Cerca de 41% dos respondentes declararam descartar os REEE em lixeiras comuns, justificando que não há coletores de REEE próximos as suas residência ou fluxo de coleta de porta em porta. O hábito de armazenamento também é identificado nos escritórios das empresas e comércio. Os autores relatam que raramente os consumidores são orientados sobre o manuseio e descarte adequado dos REEE quando da aquisição dos EEE.

Ichikowitz e Hattingh (2020) e o Instituto de Gestão de Resíduos da África do Sul (*Institute of Waste Management of Southern Africa - IWMSA*, 2022, *online*) acrescentam a escassa Infraestrutura de logística para interligar as regiões do país. O Instituto detalha que a complexidade dos REEE somado ao fato que a maioria dos

EEEs comercializados no país são importados também dificultam o desenvolvimento de tecnologias nacionais de reciclagem de REEE. Além disso, dado a falta e o alto custo do transporte de REEE entre as regiões do país, os mercados de reciclagem se desenvolvem em torno dos grandes centros urbanos, o que limita as recicladoras de alcançarem a coleta de REEE necessários para seu equilíbrio financeiro.

Assim como o mercado de EEE novos e de reciclagem dos REEE vem crescendo na África do Sul, o mercado de EEE de segunda mão e seus resíduos também está expandindo. Nesse cenário, Chokwe ***et al.*** (2019) pontuam que mesmo que o uso de determinadas substâncias perigosas tenha sido proibido na produção de EEE nos anos de 2000, elas são encontradas nos produtos do mercado de segunda mão, pelo hábito dos sul-africanos de armazenarem por longos períodos os EEE e seus resíduos, impondo riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

Em ambos mercados (reciclagem de REEE e de segunda mão) operam empresas formais, parcialmente formalizadas ou informais (ERA E-WASTE INDWMP, 2018). Segundo essa organização e Ichikowitz e Hattingh (2020), quanto mais informal forem as atividades das empresas, pior serão as condições de trabalho e os métodos empregados na separação dos materiais, como a usual queima de cabos para a extração do cobre. Grant *et al*. (2019) salientam ser imperativo melhorar as instalações e condições de trabalho dos centros de coleta, desmantelamento e pré-processamento dos REEE, assegurando a saúde e bem-estar dos trabalhadores.

A integração dos trabalhadores informais, catadores e desmanteladores dos resíduos, é outro grande desafio ao mercado de reciclagem dos REEE. As partes envolvidas reconhecem que esses trabalhadores, sobretudo os catadores informais, são de grande relevância ao desvio de recicláveis dos aterros sanitários, mas os tomadores de decisão ainda estão buscando formas de integrar e formalizar essas atividades nos sistemas de ***EPRs*** dos REEE (COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH - CSIR, 2016; GODFREY; STRYDOM; PHUKUBYE, 2016; GRANT *et al.,* 2019). Dados indicam que introduzir os sistemas *EPRs* sem considerar o mercado informal comprometerá os meios de subsistência de 60 a 90 mil trabalhadores, porém a formalização via cooperativas ou associações apresentam taxas de insucesso de cerca de 90% (COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH - CSIR, 2016; GODFREY et al., 2017). Conforme Godfrey, Strydom e Phukubye (2016) e Grant *et al*. (2019) há duas linhas de pensamento que seguem no país: continuar a apoiar a integração e formalização dos catadores/desmanteladores

informais via cooperativas/associações ou repassar a responsabilidade às empresas encarregadas por implementar os sistemas *EPRs.* Para Grant *et al.* (2019) uma abordagem combinada entre governo, empresas e instituições sem fins lucrativos seria mais apropriada, porém é fundamental regulamentar as atribuições e responsabilidades das partes envolvidas.

Diante do exposto, o Quadro 51 resume as principais barreiras apontadas pelos estudos à gestão dos REEE na África do Sul.

Quadro 51 – África do Sul: barreiras à gestão dos REEE

Barreiras	**Autores**
Insuficiência e divergência de dados sobre geração e gestão de REEE	Ledwaba e Sosibo (2017), Machete (2017), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al*. (2020), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022)
Falta de orientação à sociedade para o descarte adequado dos REEE	Finlay e Liechti (2008), Bob *et al*. (2017), Ledwaba e Sosibo (2017), Era E-Waste Indwmp (2018), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al*. (2020), Uhunamure *et al*. (2021).
Descarte inadequado dos REEE	Finlay e Liechti (2008), Bob *et al*. (2017), Ledwaba e Sosibo (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Era E-Waste Indwmp (2018), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al*. (2020), Samson (2021), Uhunamure *et al*. (2021).
Condições inadequadas e inseguras no trabalho de coleta e reciclagem dos REEE	Bob *et al.* (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Era E-Waste Indwmp (2018), Schenck *et al*. (2019), Ichikowitz e Hattingh (2020), Samson (2021).
Complexidade e periculosidade dos REEE dificultam a reciclagem	Bob *et al.* (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022).
Investimentos altos para a implementação de recicladoras de processamento dos REEE	Bob *et al.* (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017).
Escassez de infraestrutura nacional para implantação de redes de reciclagem	Bob *et al.* (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al.* (2020), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022).
Carência de empresas recicladoras de REEE	Lydall, Nyanjowa e James (2017), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al.* (2020), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022).
Volumes insuficientes de REEE	Lydall, Nyanjowa e James (2017), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al*., (2020), Uhunamure *et al*. (2021), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022).
Altos custos de logística Concentração dos centros de reciclagem nos grandes centros urbanos	Bob *et al.* (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Ichikowitz e Hattingh (2020), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022).

Ausência de legislação específica à gestão dos REEE.	Bob *et al.* (2017), Ledwaba e Sosibo (2017), Bimir (2020), Borthakur (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020).
Fragilidades institucionais na gestão dos REEE. Baixa fiscalização da implantação das leis Indefinição quanto à integração dos operadores informais	Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Bob *et al.* (2017), Godfrey *et al* (2017), Grant ***et al.*** (2019), Bimir (2020), Borthakur (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar ***et al.*** (2020), Samson (2021).
Baixa qualificação do setor informal e das cooperativas e associações de catadores no tratamento dos REEE	Godfrey *et al* (2017), Era E-Waste Indwmp (2018).
Elevadas taxas de insucesso na formação de cooperativas e associações de catadores	Council for Scientific and Industrial Research (2016), Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Godfrey *et al* (2017).
Falta de sinergia e articulação entre as partes envolvidas	Godfrey *et al* (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Samson (2021).

Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se que apesar da África do Sul ter legislações que abordem os REEE sob vários aspectos, a ausência de uma regulamentação específica sobre esses resíduos é apontada como uma barreira para uma gestão eficaz dos REEE, pois não há clarificação às partes envolvidas das atribuições e responsabilidades, impondo fragilidades institucionais de estruturação, monitoração e fiscalização das políticas relacionadas.

O mercado de reciclagem dos REEE encontra-se nos estágios iniciais e enfrentam desafios de implementação pela escassez de dados precisos, de infraestrutura nacional e de investimentos públicos e privados no setor. Além disso, o descarte inadequado dos REEE resultante da falta de orientação e conscientização da sociedade não canalizam volumes suficientes de REEE a viabilizar retornos de investimentos em recicladoras e tecnologias avançadas capazes de reciclar resíduos mais complexos.

Em paralelo, a indefinição quanto a forma de integrar o mercado informal de reciclagem ao formal não favorece à melhoria das condições de trabalho dos catadores e desmanteladores informais, que se agrupam sobretudo nos arredores dos grandes centros urbanos. A falta de sinergia e articulação entre as partes envolvidas corrobora com as taxas de insucesso de formação de cooperativas e associações de operadores informais de recicláveis no país, que tem o poder estruturante de oportunizar a geração de renda e o reconhecimento dos trabalhadores independentes,

além de contribuir significativamente com os montantes de REEE canalizados aos meios de reciclagem formal.

O conjunto de leis sul-africanas para a gestão de resíduos, no qual os REEE estão incluídos, objetivam reduzir o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários fundamentados nos princípios da prevenção, redução, reciclagem e reutilização. Tal propósito está alinhado à meta 12.5 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 – Consumo e Produção Sustentáveis, do qual o país é signatário (STATISTICS SOUTH AFRICA, 2019). Conforme esse órgão a reciclagem dos resíduos municipais evoluiu de 1,3% em 2015 para 7,5% em 2017. O *DFFE* (2020) calcula que no período de 2021/2022 foram desviados dos aterros sanitários para a reciclagem cerca de 10% dos REEE. Porém, o Statistics South Africa (2019) indica que a evolução desses índices requer políticas e ações que aumentem a oferta de produtos recicláveis e a demanda por materiais reciclados no mercado. Bimir (2020) e Ledwaba e Sosibo (2017) ponderam que a inclusão dos REEE no grupo prioritário da estratégia nacional de gestão de resíduos assegura maior visibilidade e interesse ao setor em pesquisas, desenvolvimento de tecnologias e investimentos privados.

Nesse contexto, os consumidores (corporativos e domésticos) detêm um papel importante na gestão dos REEE e é fundamental orientá-los e conscientizá-los para o descarte adequado desses resíduos, mitigando os riscos ambientais e à saúde humana (BIMIR, 2020; ERA E-WASTE INDWMP, 2018; FINLAY; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; GRANT *et al*., 2019; LIECHTI, 2008; PIENAAR *et al*., 2020; UHUNAMURE *et al*., 2021). Além disso, os consumidores devem ter a compreensão de que o processamento apropriado dos REEE oportuniza a geração de renda às empresas e prestadores de serviços independentes (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; GRANT *et al*., 2019; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020).

Os principais consumidores e maiores geradores de REEE são as organizações públicas e privadas, mas os consumidores domésticos são responsáveis pela maior geração de REEE da linha branca (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; LEDWABA; SOSIBO, 2017). Nesse ambiente, o acesso ao descarte dos REEE necessita de maior facilidade e atração à todos os consumidores, sensibilizando-os e ampliando a rede de pontos de coleta em shoppings, contêineres em locais públicos e coleta de porta em porta (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; LEDWABA; SOSIBO, 2017; PIENAAR *et al*., 2020; UHUNAMURE *et al*., 2021). Ichikowitz e Hattingh (2020) sugerem atrair os consumidores aos

sistemas de reciclagem de REEE através do incentivo a esquemas de *trade-in*, no qual lojas de varejo físicas e *online* ofertam percentual ou cupom de desconto na compra de EEE novos, quando são entregues equipamentos eletrônicos usados. Os autores justificam que essa iniciativa não sobrecarrega as estruturas públicas e incentiva a produção sustentável dos EEE. O Era E-Waste Indwmp (2018) destaca que essa ação auxilia na consolidação dos volumes de REEE e propõe a instalação de pontos de descarte e coleta em locais acessíveis também às populações mais pobres, distantes dos centros urbanos, bem como serviços de tele chamada de coleta de REEE destinados às pessoas incapacitadas de levar os resíduos até os locais de descarte e as localizadas em áreas rurais. Grant *et al.* (2019) ressaltam que um planejamento de disposição espacial dos centros de coleta e recicladoras é importante para evitar aglomeração e sobreposição de atividades.

O Era E-Waste Indwmp (2018), Grant *et al*. (2019) e o IWMSA (2022, *online*) reforçam a necessidade de capacitar, credenciar e fornecer apoio logístico aos catadores e processadores informais viabilizando condições seguras de trabalho, reduzindo os danos socioambientais e ampliando a canalização e processamento adequado dos REEE. O *DFFE* acrescenta que o treinamento deve se estender também aos servidores públicos envolvidos na implementação e fiscalização das medidas aplicadas à gestão dos REEE. Para além, o departamento explica que com o fechamento dos aterros sanitários ao descarte de REEE, catadores capacitados podem atuar nos centros de coleta e recompra, realizando a triagem dos recicláveis (POSTMAN *et al.,* 2019). Segundo Pienaar *et al*. (2020), essa normativa impulsionará as administrações municipais a adotar medidas que impeçam o descarte dos REEE nos aterros e canalizem esses resíduos aos meios formais de reciclagem. Schenck *et al.* (2019) afirmam que os governos locais devem ser capacitados a articular com as empresas e catadores/recicladores informais para a efetiva participação destes na formatação de políticas e ações que visem a canalização e processamento adequados dos REEE, garantindo os meios de subsistência dos operadores informais.

Godfrey *et al* (2017) e Grant *et al.* (2019) elencam medidas para a integração do setor informal dos REEE ao mercado formal que são: (i) viabilizar e apoiar a formação de cooperativas com iniciativas públicas e privadas de inclusão; (ii) estabelecer redes de transporte de resíduos entre as cooperativas e recicladoras; (iii) conectar o mercado formal com operadores informais na construção de bases para uma economia ecológica, realizando capacitação de conhecimentos e habilidades,

apoiando a incubação, o empreendedorismo e a infraestrutura necessária à garantir condições de trabalho dignas e seguras. A associação dos catadores em cooperativas lhes transmite ganho de escala no comércio dos REEE, acesso facilitado a programas de capacitação e de investimentos. Os autores esclarecem que ações menores como disponibilização de crachás, uniforme/jaqueta/camiseta de identificação e sacos de lixo apropriados aos catadores informais melhoram a visibilidade, o respeito e a segurança a esses trabalhadores. Todavia, as políticas e ações devem ser capazes de se adaptar a heterogeneidade dos operadores informais e às realidades locais. Por exemplo, a Cidade do Cabo apresenta projetos exitosos na união das atividades formais e informais e no esverdeamento do mercado de REEE pela cooperação pública-privada. Tecnologias ecológicas incorporadas ao mercado de REEE resultam em benefícios ambientais e socioeconômicos transformadores. De acordo com Grant *et al*. (2019) e Lydall, Nyanjowa e James (2017) o mercado de REEE tem o potencial de criar de 25-50 empregos por 1.000 toneladas de resíduos processados.

Por outro lado, Samson (2021) relata que a cidade de Joanesburgo enfrentou conflitos entre trabalhadores de empresas coletoras de REEE e catadores informais em virtude de projeto-piloto implementado pela gestora municipal de resíduos Pikitup. Nessa ação as duas empresas coletoras contratadas pela gestora empregaram trabalhadores locais desempregados e não integraram os catadores informais, gerando embates entre os grupos de trabalhadores em disputas por recicláveis das residências dos subúrbios em foco. A autora destaca que os catadores informais economizam ao cofres públicos municipais mais de 49 milhões de dólares ao ano e sua importância precisa ser reconhecida.

De acordo com Borthakur (2020), Lydall, Nyanjowa e James (2017) e Uhunamure *et al*. (2021) é preciso investimentos em mais pesquisas interdisciplinares locais e nacionais sobre a questão dos REEE na África do Sul, que explorem os cenários postos e favoreçam o diálogo entre as partes envolvidas para soluções ambientais e socioeconômicas sustentáveis. Conforme o Department of Science and Innovation (2021) o setor formal de resíduos em 2012 foi avaliado em 1 bilhão de dólares e responsável por 0,51% do PIB do país. Entretanto os investimentos em P&D para área de resíduos somaram somente 0,33% do valor do setor.

Bimir (2020), Bob et al. (2017) e Lydall, Nyanjowa e James (2017) ressaltam a urgência em avançar em cooperações públicas e privadas para a implementação de

programas socioeconômicos e ambientais, que possibilitem o emprego de tecnologias adequadas ao local e maior desvio de REEE dos aterros, desenvolvendo mercados locais e regionais de reciclagem. Bimir (2020) cita o caso da Samsung na África do Sul que de forma voluntária promove a formação de sistemas produtivos baseados na economia circular. Contudo, o autor reforça a necessidade de haver a transferência de tecnologias por parte das empresas estrangeiras para o desenvolvimento do mercado local e nacional. Além disso, Bimir (2020) e Bob et al. (2017) defendem o estabelecimento de vínculos entre as universidades s e a indústria no desenvolvimento de capital humano e tecnologias adaptadas às realidades locais para a gestão dos REEE. São necessárias inovações técnicas e sociais formatadas a partir dos *stakeholders* envolvidas na cadeia de valor dos REEE. Os autores exemplificam que o uso de contêineres como pontos móveis de reforma de computadores em áreas rurais é resultado da interação e cooperação entre *stakeholders.*

Em síntese, o Quadro 52 reúne as proposições abordadas pelos recentes estudos à melhoria da gestão dos REEE na África do Sul.

Quadro 52 - África do Sul: proposições à gestão dos REEE

Proposições	**Autores**
Conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE	Finlay e Liechti (2008), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Ledwaba e Sosibo (2017), Era E-Waste Indwmp (2018), Grant *et al*. (2019), Bimir (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al.* (2020), Uhunamure *et al*. (2021), Samson (2021).
Ampliação dos pontos de descarte e dos centros de recompra	Ledwaba e Sosibo (2017), Era E-Waste Indwmp (2018), Postman *et al.* (2019), Grant *et al*. (2019), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al.* (2020), Uhunamure *et al*. (2021).
Pesquisas para tecnologias alternativas de reciclagem Pesquisas interdisciplinares locais e nacionais	Bob *et al.* (2017), Ledwaba e Sosibo (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Grant *et al*. (2019), Bimir (2020), Borthakur (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020), Pienaar *et al*. (2020), Department of Science and Innovation (2021), Uhunamure *et al*. (2021).
Programas de capacitação continuada ao setor público e privado sobre REEE	Postman *et al.* (2019), Schenck *et al*. (2019)
Capacitação e registro dos catadores informais Sistemas *EPRs* inclusivos. Integrar a força de trabalho dos catadores e desmontadores informais	Era E-Waste Indwmp (2018), Grant *et al*. (2019), Postman *et al.* (2019), Schenck *et al.* (2019), Samson (2021).
Incentivo a formação de redes de cooperativas de catadores	Grant *et al*. (2019), Schenck *et al.* (2019), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022).

Instalações e condições de trabalho seguras e adequada	Era E-Waste Indwmp (2018), Grant *et al*. (2019), Schenck *et al*. (2019), Ichikowitz e Hattingh (2020), Samson (2021).
Diálogo mais proeminente sobre REEE entre governo, mercado e sociedade, atuando com maior sinergia e parcerias na gestão desses resíduos	Bob *et al*. (2017), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Grant *et al*. (2019), Schenck et al. (2019), Bimir (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020), Samson (2021).
Aumento da oferta e da demanda por produtos reciclados	Grant *et al*. (2019), Statistics South Africa (2019).
Adoção de sistemas produtivos mais limpos e design de produtos ecológicos	Grant *et al*. (2019).

Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que as proposições para a gestão dos REEE na África do Sul contemplam ações relacionadas ao governo, mercado e sociedade. Os consumidores corporativos e domésticos precisam ser orientados e conscientizados à canalização adequado dos REEE, mas a rede de pontos de descarte e recompra necessitam ser ampliadas para que haja maior facilidade e atratividade ao descarte desses resíduos. Além disso, é primordial investir em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias moldadas às realidades locais e nacionais, assim como capacitar as partes envolvidas. Nessa conjuntura, o reconhecimento do trabalho dos operadores informais e sua integração ao mercado de reciclagem de REEE requer regulamentações e programas mais inclusivos, em esforços coletivos por parte do governo e do mercado. Dessa forma, espera-se que os meios de subsistência dos catadores e desmanteladores informais sejam garantidos e suas condições de trabalho sejam mais dignas e seguras. Os autores citados ressaltam que a implementação dessas e outras proposições necessárias ao avanço do mercado de reciclagem de REEE em sistemas circulares no país exige maior sinergia, cooperação e parcerias entre as partes envolvidas.

O aumento da geração de REEE desafia as administrações públicas a desenvolver formas de gestão desses resíduos, cujos resultados reduzam o envio de resíduos aos aterros e promovam melhorias socioeconômicos e ambientais. A reciclagem dos REEE na África do Sul está em evolução e como todo programa em implantação enfrenta desafios e barreiras que a realidade impõe, percebidos em vários projetos-piloto pelas cidades do país. Diante disso, são necessários ajustes pontuais de abordagens que englobem as questões locais e as integre às estratégias nacionais (LEDWABA; SOSIBO, 2017).

Seguindo a tendência mundial, a geração de REEE é o fluxo de resíduos que mais cresce no país e representa riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Todavia, a gestão eficaz e sustentável desses resíduos oportuniza a geração de renda, inclusão social e a preservação do meio ambiente. Para tal, a gestão dos REEE precisa ser aprimorada na África do Sul, pois somente 11 a 12% dos resíduos eletroeletrônicos são reciclados, enquanto outros resíduos que contenham metais ou de papel apresentam taxas de reciclagem de 63% e 52% respectivamente. Esses dados indicam que o país possui condições de estabelecer redes de reciclagem de REEE mais eficientes (ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020).

Nota-se que o segmento dos REEE está evoluindo em estágios paralelo à gestão nacional dos resíduos, desde os aterros sanitários, regulamentações sobre determinadas substâncias e resíduos e instalação de processos de reciclagem (BIMIR, 2020). O modelo de gestão dos REEE tem o enfoque na economia circular e em sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsibility - EPR*), fundamentados nos princípios de reduzir, reutilizar e reciclar (BOB *et al.,* 2017). Cabe observar que a África do Sul não tem uma legislação específica à gestão dos REEE, que detalhe os processos inerentes e clarifique as atribuições e responsabilidade das partes envolvidas, facilitando o monitoramento e fiscalização da implementação dos sistemas *EPRs.*

A expansão das redes de *EPRs* devem impulsionar o mercado de reciclagem de REEE no país, cujas recicladoras operam abaixo de sua capacidade instalada (PIENAAR *et al*., 2020). Porém, esses autores expressam preocupações quanto a atual legislação que permite a importação de resíduos eletrônicos, receosos de o país se tornar um destino global de despejo de lixo eletrônico. Grant *et al.* (2019) ressaltam que é preciso acompanhar e analisar se as importações de REEE de fato atenderão as necessidades de volumes de REEE das recicladoras locais.

De outra parte, há de se considerar que o setor informal domina grande parte das atividades iniciais de reciclagem dos resíduos na África do Sul (BIMIR, 2020). A regulamentação dos *EPRs* definiu que esses sistemas são responsáveis por integrar os operadores informais ao mercado formal de REEE. Desta forma, o governo delega ao mercado a função de incluir os catadores e desmanteladores informais. O mercado informal de REEE, sem um suporte de políticas públicas estruturantes esbarra na falta de lideranças e cooperações que sejam capazes de formar e gerir associações e cooperativas de catadores e recicladores informais. Há até o momento poucos

exemplos de cooperativas que conseguiram ter resultados exitosos. A maioria se finda por desavenças internas.

O êxito das políticas e planos de gestão dos REEE necessitam que todas as partes envolvidas nos processos, formais e informais, sejam ouvidas e participem da formatação das políticas públicas e da implementação das ações em parcerias e cooperações nacionais e locais. Ichikowitz e Hattingh (2020) e Uhunamure *et al.* (2021) acrescentam que campanhas de conscientização e capacitação das partes envolvidas são essenciais à promoção de programas de gestão dos REEE domésticos, enquanto os REEE corporativos devem ser geridos segundo objetivos de responsabilidade socioambientais das organizações.

Grant *et al* (2019) defendem que a economia ecológica da África do Sul é uma das que mais cresce a nível global, porém não há até o momento evidências que essas práticas incorporarão os REEE e se tornarão mais inclusivas. Os autores concluem que os melhores exemplos nacionais em implementação de gestão dos resíduos recicláveis são os que assumem uma estratégia aberta, que incluem tanto o mercado formal quanto os operadores informais. Os esforços da África do Sul para implementar a gestão formal dos REEE, coletando dados, formando conhecimentos, habilidades e desenvolvendo tecnologias mais ecológicas são tidos como um caminho de transição para promover o país no mercado regional e global. Contudo, é necessário que essas ações viabilizem o desenvolvimento sustentável do país, onde haja espaços para o diálogo entre todas as partes envolvidas e convirjam na inclusão e progresso social, geração de renda e preservação do meio ambiente.

4.5 Estudo de caso Rússia

A Rússia é o país com a maior extensão territorial do mundo com 17.125,2 mil km2 e uma população projetada em 2021 de 146,80 milhões de habitantes, dividida em 85 entidades federativas regionalizadas em oito distritos federais. Situa-se no bloco BRICS em primeiro lugar em dimensões territoriais e em quarto lugar em número de habitantes, cuja população total demonstra reduções graduais de 0,1% a 0,3% a.a. na última década. Além disso, a Rússia nos BRICS é o segundo país com maior percentual de população urbana alcançando em 2021 cerca de 75% e 25% nas áreas rurais, enquanto o Brasil ocupa o primeiro lugar com cerca de 87% de sua população

em áreas urbanas no mesmo ano (PLASTININA *et al.*, 2019; WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

O Produto Interno Bruto (PIB) da Rússia passou de 1,52 trilhões (US$) em 2010 para 1,69 trilhões (US$) em 2019, com oscilações anuais positivas e negativas no período. Em 2020, com os efeitos da pandemia do Covid 19, o PIB apresentou retração de 3% e totalizou 1,48 trilhões (US$), mas em 2021 elevou-se para 1,77 trilhões (US$). Com essa redução, o país que mantinha o maior PIB per capita entre os países dos BRICS até 2019 com US$ 11.497,60 foi superado pela China em 2020, quando este país alcançou o PIB per capita de US$ 10.434,80, enquanto da Rússia diminuiu para US$ 10.126,70, elevando-se em 2021 para US$ 12.172,80 mantendo a segunda posição no BRICS (WORLD BANK DATA, 2022, *online*).

De acordo com Baldé *et al.* (2021), a Rússia possui importante polo de indústrias produtoras de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) voltadas ao consumo doméstico e dos países próximos, que elevaram a colocação de EEE no mercado da região em torno de 10% de 2010 a 2019. Nesse cenário, a Rússia produziu em 2018 o total de 2.000 kt de EEE, importou 1.014,9 kt e exportou 125,4 kt de EEE, sendo em sua maioria máquinas de lavar e refrigeradores.

Entretanto, a geração de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no país cresceu cerca de 36% na última década, registrando o total de 1,631 kt, 11,3 kg por habitante em 2019 (BALDÉ *et al.,*2021; FORTI *et al*., 2020), composto de 30% por REEE de pequeno porte, 28% de REEE de grande porte, 23% de REEE de troca de temperatura, 10% de telas e monitores e 8% de REEE de TI. Calcula-se que para o mesmo ano 41,3 kt, 0,3 kg por habitante de REEE foi gerenciado de forma adequada, ou seja, cerca de 2,5% do total gerado. A meta estabelecida em 2020 pelo governo russo é coletar e tratar 15% dos REEE (BALDÉ *et al.,*2021).

O país não tem uma legislação específica sobre REEE, mas possui regulamentações nacionais instituídas a partir de 2012 que abrangem a coleta, o transporte, o armazenamento e a desmontagem dos resíduos eletrônicos, que cobrem cerca de 81% dos tipos de REEE. A implementação dos sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*Extended Producer Responsibility – EPR*) foi iniciada em 2014 e conta com um mercado formal de 80 recicladoras de REEE (BALDÉ *et al.,*2021; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021). As empresas envolvidas são responsáveis por cooperar na coleta e realizar os processos de reciclagem dos REEE de forma ambientalmente segura (FORTI *et al.* 2020).

Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021) complementam que o país também não possui legislação específica sobre economia circular.

Na seção a seguir são descritas as principais legislações nacionais relacionadas ao gerenciamento dos REEE na Rússia.

4.5.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE

As políticas ambientais ganharam maior notoriedade na Rússia na década de 1990, pautadas na agenda internacional de instituição de marcos regulatórios e a disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável. Em comparação, no início dos anos de 1990 havia seis leis federais voltadas ao meio ambiente e nos anos de 2000 totalizavam mais de 30 leis federais, 200 regulamentações e 800 normas técnicas e documentos correlatos (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2006).

A gestão dos REEE na Rússia é regulamentada por um arcabouço legal federal de gestão dos resíduos, que incluem questões ambientais tanto a nível nacional, regional e local. Esse conjunto de leis normatiza a gestão de resíduos, que incluem de forma específica os REEE entre outros destaques, desde a coleta seletiva, tratamento e descarte, bem como define penalidades sobre o descarte inadequado de resíduos recicláveis e estabelece metas de reciclagem. A estrutura legal para a gestão de resíduos está alinhada às convenções internacionais de Basileia, Estocolmo e Roterdã, cuja adesão ocorreu em 1990, 2002 e 2011 respectivamente. Além desses, o país segue as orientações dos acordos firmados no âmbito da União Econômica da Eurásia para a importação e exportação de resíduos perigosos (BALDÉ *et al.*, 2021). O órgão executivo federal responsável pela gestão dos resíduos no país é o Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente (*Ministry of Natural Resources and Environment - Minprirody)* e sua agência de vigilância ambiental Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais (*Federal Service for the Supervision of Natural Resources*) (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2006; RÚSSIA, 2022, *online*).

A principal legislação para a gestão de resíduos no país foi instituída pela Lei Federal Nº 89 – Sobre resíduos de produção e consumo em 10 de junho de 1998, alterada em 2014, 2017 e 2021. Essa lei define os requisitos para a coleta, tratamento e descarte dos resíduos de produção e consumo, priorizando a reentrada dos resíduos

como fontes de recursos nas cadeias produtivas e garantindo a preservação do meio ambiente e da saúde humana (RÚSSIA, 1998, 2021). De acordo com Maryev e Smirnova (2021) e Wiesmeth e Starodubets (2020), as priorizações definidas nessa lei seguem a hierarquia de resíduos e os princípios da economia circular de maximização do uso das matérias-primas, da prevenção e redução da geração de resíduos e do reaproveitamento dos resíduos. Baldé *et al.* (2021), Gutman e Teslya (2020) e Wiesmeth e Starodubets (2020) argumentam que a legislação russa de gestão de resíduos emprega conceitos e princípios de sistemas circulares, embora não esteja claramente vinculada à normativas de economia circular, com especial destaque à conceitualização da utilização de resíduos.

> A legislação sobre resíduos da Rússia define o termo utilização como "a utilização de resíduos para a produção de bens (produtos), desempenho do trabalho, prestação de serviços, incluindo a reutilização de resíduos, incluindo a reutilização de resíduos para o fim a que se destina (reciclagem), seu retorno ao ciclo de produção após a devida reparação (regeneração), extração de componentes úteis para sua reutilização (recuperação), bem como a utilização de resíduos sólidos urbanos como fonte de energia renovável (recursos energéticos secundários) após a extração de componentes úteis nas instalações de processamento". Como tal, o termo é amplo e inclui recuperação, reutilização e reciclagem. Da mesma forma, o termo "tratamento de resíduos" é definido como uma "preparação preliminar de resíduos para utilização posterior, incluindo triagem, desmontagem, limpeza (BALDÉ *et al.*, 2021, p. 115).

Sob essa perspectiva, o artigo 3º da Lei Federal Nº 89 detalha os princípios e prioridades norteadoras da gestão dos resíduos como: (i) proteção à saúde humana, conservação e recuperação do meio ambiente; (ii) desenvolvimento sustentável do país, conciliando interesses econômicos e ecológicos; (iii) aplicação das melhores tecnologias disponíveis para a gestão e tratamento dos resíduos; (iv) maximização do uso de matérias-primas, redução dos desperdícios e dos resíduos; (v) regulamentação econômica que proporcione a redução dos resíduos e seu reuso e; (vi) redução da periculosidade dos resíduos em suas fontes. O artigo 5º estabelece a responsabilidade do governo federal em informar e sensibilizar a população sobre a gestão dos resíduos e orientar os governos estaduais quanto à estruturação dos planos regionais de gestão de resíduos e manutenção dos inventários de resíduos. No artigo 6º são dispostas as responsabilidades dos governos regionais em elaborar e implementar planos de gestão de resíduos alinhados à legislação federal e no artigo 7º é atribuído aos governos locais a função de gerir a coleta, separação, processamento, utilização e disposição final dos resíduos domésticos e industriais. O

artigo 14º define que o descarte de resíduos perigosos deve seguir a classificação de risco da autoridade competente e autorizado por este. O artigo 17º define que a importação de resíduos para fins de utilização deve ser autorizada por órgão governamental de competência e proíbe a importação de resíduos para fins de eliminação e neutralização. O artigo 21º estabelece os princípios básicos do descarte de resíduos às atividades econômicas de redução e utilização de resíduos na circularidade das cadeias de produção e consumo, sujeitos a incentivos governamentais. O artigo 24º dispõe sobre a provisão de incentivos econômicos às empresas que empregarem o uso de tecnologias para a redução da geração de resíduos, por meio da diminuição das tarifas ambientais a que estão sujeitos. Em adição, essa lei regula o licenciamento para o exercício das atividades de coleta, transporte, tratamento, descarte e neutralização da periculosidade dos resíduos de acordo com a classificação estabelecida em lei (RÚSSIA, 1998, 2014, 2017, 2021).

Em 2012, o governo federal reafirmou os princípios e prioridades da gestão de resíduos, incluindo a responsabilidade estendida ao produtor na publicação dos Fundamentos da Política de Estado no campo do Desenvolvimento Ambiental da Federação Russa para o período até 2030 (RUSSIA, 2012). No mesmo ano, a Agência Federal de Regulação Técnica e Metrologia da Rússia divulgou as normas para a coleta, transporte, armazenamento e desmontagem dos REEE ambientalmente seguras (BALDÉ *et al.*, 2021).

Os princípios e diretrizes para a implementação dos sistemas *EPR* foram introduzidos na legislação nacional de gestão de resíduos em 2014, em adendo a Lei Federal Nº 89 (BALDÉ *et al.*, 2021; MARYEV; SMIRNOVA. 2021). Os sistemas *EPRs* são regulamentados pelo governo federal da Rússia, que seguem orientações da União Econômica da Eurásia em relação às obrigações do produtor, como por exemplo os requisitos de rotulagem dos produtos (BROOK, 2021). Com o complemento à lei os produtores e importadores se tornaram responsáveis pela coleta, tratamento e descarte seguro dos produtos inseridos no mercado pós-consumo. Os sistemas *EPR* podem ser implantados de forma individual ou coletiva, via associação de empresas. Os REEE sujeitos à regulamentação *EPR* totalizam 125 tipos de EEE e são classificados em 11 grupos a saber: (i) equipamentos de escritórios, computadores e acessórios; (ii) TVs, monitores e acessórios; (iii) equipamentos de telecomunicação; (iv) equipamentos eletrônicos domésticos; (v) aparelhos ópticos e de fotografia; (vi) baterias simples; (vii) acumuladores de chumbo;

(viii) baterias acumuladoras; (ix) equipamentos de iluminação; (x) equipamentos elétricos domésticos e; (xi) equipamentos industriais e de refrigeração (BALDÉ *et al.*, 2021). A Lei Federal Nº 503 de 31 de dezembro de 2017 sobre alterações à Lei Federal Nº 89 especificou que os produtores e importadores podem estruturar suas próprias instalações para a reciclagem dos produtos sujeitos aos sistemas *EPRs,* firmar contratos com operadores de gestão de resíduos licenciados, no qual se enquadram o operador regional oficial, empreendedores e empresas individuais ou participar de uma associação que operacionalize os sistemas de reciclagem (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; RÚSSIA, 2017).

O princípio da aplicação das melhores tecnologias disponíveis (*Best Available Technologies - BAT*) foi incluído pela Lei Federal Nº 219-FZ em 2014 e a Ordem do Governo da Rússia Nº 2674 de 24 de dezembro de 2014, divulgou uma lista de atividades econômicas e processos tecnológicos que podem causar danos ambientais significativos e que devem ser aplicados o princípio das *BATs.* Entre as atividades estão o descarte de resíduos. Em 2016, foi adicionada à lista de atividades a reciclagem e neutralização de REEE (BALDÉ *et al*., 2021; RÚSSIA, 2014).

Em 08 de outubro de 2015, o governo federal criou a taxa ambiental pela Resolução Nº 1073 e através do Decreto Nº 284 de 09 de abril de 2016 definiu a alíquota e os procedimentos de cobrança. A taxa ambiental é cobrada de produtores e importadores que não cumprirem as metas de coleta e tratamento dos REEE, calculada pelo peso total dos produtos inseridos no mercado no ano anterior (BALDÉ *et al.,* 2021; BROOK, 2021, RÚSSIA, 2016). Em 2017, a Lei Federal Nº 503 explicitou que os recursos arrecadados pela taxa ambiental são destinados à implementação de programas regionais de gestão de resíduos (RÚSSIA, 2017).

Em 2016, o governo federal com o propósito de reduzir a canalização de resíduos recicláveis aos aterros sanitários instituiu a proibição do descarte de recicláveis em aterros sanitários de uma lista de tipos de resíduos originados da produção e consumo que possuem componentes úteis ao reuso, reciclagem e remanufatura. Nesse ano, os condomínios residenciais passaram a ser responsáveis em firmar contratos com operadores regionais para a movimentação de resíduos domésticos recicláveis. De outra parte, em 2017 o Decreto Federal Nº 1589 incluiu os REEE nessa listagem e na aplicação dos *BATs* (BALDÉ *et al.,* 2021; MARYEV; SMIRNOVA. 2021).

O sistema nacional de dados e informações sobre a gestão de resíduos foi criado em 2015 pela Resolução do Governo da Rússia Nº 1520. A agência estatal de vigilância ambiental Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais administra o site Rosprirodnadzor para gerir os dados a nível regional e nacional. Anualmente, as organizações envolvidas em atividades correlatas à gestão de resíduos fornecem aos órgãos regionais da agência informações sobre as operações realizadas, como o tipo e o montante (toneladas) de resíduos manuseados. Essas informações são repassadas ao escritório central, que compila os dados a nível nacional e os repassa ao Serviço Federal de Estatísticas do Estado (*Federal State Statistics Service – Rosstat*). Esse órgão executivo federal processa, analisa e publica as informações em relação à produção e consumo de resíduos, entre outras estatísticas oficiais do governo (BALDÉ *et al.,* 2021).

A função do Rosprirodnadzor é realizar a contabilidade nacional dos resíduos fornecendo dados para a sistematização dos processos inerentes a gestão dos resíduos no país. O site mantém o banco de dados de resíduos, o catálogo federal de classificação de resíduos, o registro estadual de instalações de tratamento de resíduos e o banco de dados sobre tecnologias para descarte e neutralização de diversos tipos de resíduos. Além disso, a agência estatal utiliza o portal para emitir os licenciamentos e certificações de atividades relacionadas a gestão dos resíduos, controlar os fluxos transfronteiriços de substâncias perigosas e de resíduos, manter o registro de perícias ambientais, divulgar programas ambientais, normas e regulamentações relativas ao setor (ROSPRIRODNADZOR, 2022, *online*). Em específico aos REEE, são administrados via portal o registro de produtores e importadores de EEE, o catálogo de REEE que devem ser tratados via sistemas *EPRs*, os fluxos dos REEE e o serviço de cálculo da taxa ambiental. O Catálogo Federal de Resíduos aprovado pelo Decreto Federal Nº 242 em 22 de maio de 2017 classifica os resíduos de acordo com o risco de dano ambiental e informa dados sobre sua constituição e origem. A partir de 2017, o sistema eletrônico de gestão de resíduos foi introduzido à nível regional, onde cada província implementa seu próprio plano de gestão de resíduos alinhado à legislação federal (BALDÉ *et al.,* 2021). Além disso, nesse mesmo ano a Lei Federal Nº 503 transferiu a responsabilidade da gestão dos resíduos do nível local para o nível institucional regional, cabendo aos municípios executarem atividades de gestão de resíduos sólidos urbanos de acordo com o plano

regional de vínculo (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020).

Em 25 de janeiro de 2018 o governo federal aprovou pelo Decreto nº 84 a Estratégia de desenvolvimento da indústria para o processamento, reciclagem e neutralização de resíduos de produção e consumo para o período até 2030. O propósito da estratégia é estruturar a indústria nacional para o processamento, reciclagem e neutralização de resíduos de produção e consumo, com o desenvolvimento de tecnologias que permitam a aceleração da utilização de materiais secundários nas cadeias de produção e redução da geração de resíduos. Estima-se que em 2024 a taxa de reciclagem de resíduos passe de 3% para 36%. Para tal, serão formados 70 parques eco industriais, 216 instalações de tratamento, reciclagem e neutralização de resíduos. A elaboração e implementação de respectivo plano de ação econômico e social é de responsabilidade do Ministério da Indústria e Comércio com a participação de outros órgãos executivos federais com competência sobre o conteúdo da estratégia, bem como de seu monitoramento e controle (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; RÚSSIA, 2018). Em complemento, o Decreto Federal de 14 de janeiro de 2019 criou uma empresa pública denominada como Operador Ambiental Russo (*Russian Environmental Operator - REO*) com a finalidade de realizar a gestão dos resíduos sólidos urbanos de forma integrada, maximizando o uso dos resíduos como materiais secundários na produção e consumo, reduzindo o volume de descarte de resíduos, preservando o meio ambiente e a saúde humana. O conselho da estatal inclui o vice primeiro-ministro, o ministro do Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente, o da Construção e o da Indústria e Comércio (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; RUSSIAN ENVIRONMENTAL OPERATOR, 2022, *online*).

Nesse sentido, no ano de 2020 o governo federal adotou uma série de deliberações a fim de intensificar a circularidade dos materiais, reduzindo os desperdícios e a canalização de recicláveis aos aterros sanitários. Entre as medidas está a Resolução de 12 de outubro de 2020 Nº 1657 sobre a estruturação das instalações para a gestão dos resíduos sólidos municipais, que devem empregar as melhores tecnologias disponíveis (*BATs*) automatizadas e manuais para o tratamento dos resíduos, viabilizando o máximo de retorno de materiais secundários aos meios de produção e consumo, garantindo a proteção ao meio ambiente e fornecendo informações ao sistema estatal de contabilidade de resíduos (RÚSSIA, 2020). Há

outras regulamentações relacionadas à gestão dos REEE como a Portaria Nº 3722 de 31 de dezembro de 2020, que definiu as metas de reciclagem para o ano de 2021 de 40 grupos de produtos, que incluem os 11 grupos de REEE citados nesse estudo. Com essa determinação todos os REEE dos 11 grupos selecionados devem ser coletados e tratados pelos produtores e importadores por meio dos sistemas *EPRs* (BALDÉ *et al.,* 2021).

A partir de 1º de março de 2022 passou a vigorar a determinação do Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente que proíbe o descarte de REEE nas lixeiras públicas da Rússia. Esses resíduos eletrônicos devem ser descartados tanto por pessoas jurídicas, quanto por pessoas físicas em pontos de coleta específicos ou direcionados a operadores de coleta e tratamento de REEE. O descarte inadequado de REEE impute multas de 14 a 62 dólares às pessoas físicas e de 1.500 a 7.720 dólares às pessoas jurídicas, variando de acordo com a reincidência do descarte e o dano causado ao meio ambiente e à saúde humana (TADVISER GOVERNMENT BUSINESS IT, 2022).

Em síntese, o Quadro 53 relaciona as principais legislações de abrangência nacional relacionadas aos REEE aplicados na Rússia.

Quadro 53 – Rússia: legislação nacional

Instrumentos legais	**Objetivos**
Convenção da Basiléia - 1990 Acordo internacional multilateral	Adoção à Convenção da Basiléia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu descarte e a sua ratificação
Lei sobre resíduos de produção e consumo - 1998, 2014, 2017 e 2021	Estabelece os requisitos para a coleta, tratamento, utilização e descarte dos resíduos de produção e consumo, que incluem os REEE. Define as responsabilidades das partes envolvidas na gestão dos resíduos. Institui o sistema de Responsabilidade Estendida ao Produtor a determinados produtos pós-consumo. Incluídas 11 categorias de REEE.
Lei da aplicação das melhores tecnologias disponíveis – 2014, 2016, 2017	Prioriza atividades econômicas e processos tecnológicos para a aplicação do princípio de uso das melhores tecnologias disponíveis (*Best Available Technologies - BAT*). Incluídos a reciclagem e neutralização dos REEE.
Resolução/Decreto de criação da taxa ambiental – 2015, 2016, 2017	Institui a taxa ambiental, as alíquotas e procedimentos de cobrança dos produtores e importadores de EEE.
Resolução/Decreto de proibição de descarte de recicláveis em aterros sanitários – 2016, 2017	Estabelece escala de proibição do descarte de resíduos recicláveis em aterros sanitários.

Resolução de criação de sistema unificado de dados sobre a gestão de resíduos – 2015, 2017	Institui o sistema nacional de dados e informações sobre a gestão de resíduos à nível federal e regional.
Decreto sobre o Catálogo Federal de Resíduos - 2017	Institui a classificação dos resíduos de acordo com o risco de danos ao meio ambiente. Informa dados sobre a constituição dos resíduos. Incluídas categorias de REEE.
Resolução sobre as instalações de gestão de resíduos sólidos urbanos - 2020	Define que as instalações de tratamento dos resíduos sólidos urbanos devem aplicar as melhores tecnologias disponíveis para a maximização da reciclagem dos materiais.
Portaria de metas de reciclagem de REEE - 2020	Define as metas de reciclagem de 11 grupos de REEE para o ano de 2021.
Resolução de proibição de descarte de REEE - 2022	Estabelece a proibição do descarte de REEE nas lixeiras públicas.

Fonte: Rússia (1998, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020) e Baldé *et al*. (2021), Brook (2021), Maryev e Smirnova (2021)

Verifica-se que o país ampliou a instituição de normas e legislações nacionais acerca da gestão de resíduos nos anos que se seguiram à adesão de tratados internacionais como o da Convenção de Basiléia em 1990. A Lei Federal Nº 89 sobre resíduos de produção e consumo de 1998 é a legislação central da gestão de resíduos na Rússia, na qual estabelece seus requisitos, responsabilidades e especificidades a determinados resíduos, entre eles os REEE. Essa lei possui alterações ao longo do tempo, destacando-se a de 2014, 2017 e 2021, que incorporaram conceitos e alguns princípios alinhados à economia circular, buscando instituir a nível nacional a maximização do uso dos materiais e a redução dos aterros sanitários. Contudo, o país não tem até o momento legislações específicas sobre a economia circular e a gestão de REEE. Os temas relacionados a estes estão incluídos no corpo do arcabouço legal da gestão de resíduos nacional, regional e local.

A partir dos anos de 2010 o governo federal intensificou a promulgação de medidas ligados à gestão de resíduos, que incluem a gestão dos REEE. Para esse segmento da gestão de resíduos foram estabelecidas a aplicação da responsabilidade estendida ao produtor, da aplicação do uso das melhores tecnologias disponíveis e da proibição do descarte de REEE em lixeiras públicas.

Em paralelo, a partir de 2015, foram implantados o sistema nacional de dados e serviços da gestão nacional e regional de resíduos, o catálogo federal de classificação dos resíduos, os requisitos essenciais às instalações de reciclagem de resíduos e metas anuais de reciclagem por grupos de resíduos.

Na sequência, os Quadros 54 e 55 apresentam a função das estruturas institucionais por nível de abrangência e os instrumentos legais e de conformidade para a gestão dos resíduos relacionados aos REEE, citando o ano de sua instituição.

Quadro 54 – Rússia: estruturas legais

Estruturas legais	Nível	Função
Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente (*Ministry of Natural Resources and Environment - MINPRIRODY*)	Nacional	Desenvolver e implementar políticas e regulamentações nacionais de gestão de resíduos, que englobam os REEE.
Ministério da Industria e Comércio (*Ministry of Industry and Commerce*)	Nacional	Estruturar e desenvolver a indústria nacional para o processamento, utilização e neutralização de resíduos de produção e consumo. Conceder licenciamento para a importação/exportação de REEE.
Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais (*Federal Service for the Supervision of Natural Resources*)	Nacional	Controlar e monitorar a implementação das políticas e regulamentações nacionais de gestão de resíduos pelas partes envolvidas. Administrar o portal eletrônico Rosprirodnadzor de gestão unificada de resíduos.
Serviço Federal de Estatísticas do Estado (*Federal State Statistics Service – Rosstat).*	Nacional	Processar, analisar e publicar dados e informações sobre a produção e consumo de resíduos
Agência Federal de Regulação Técnica e Metrologia	Nacional	Normatizar a coleta, transporte, armazenamento e desmontagem dos REEE
Operador Ambiental Russo (*Russian Environmental Operator - REO*	Nacional	Implementar a regulamentação sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Estruturar sistemas de utilização dos resíduos sólidos urbanos como fonte de materiais secundários e de energia.
Escritórios Regionais do Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais	Regional	Controlar e monitorar a implementação dos planos regionais de gestão de resíduos.
Órgãos locais	Municipal	Estabelecer e manter locais para o armazenamento dos resíduos sólidos urbanos conforme o plano de gestão de resíduos regional. Atuar na conscientização da sociedade.

Fonte: Rússia (1998, 2014, 2015, 2016, 2017, 2021, 2022), Organization for Economic Co-Operation and Development (2006), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), Baldé *et al*. (2021)

Quadro 55 – Rússia: instrumentos legais e de conformidade

Instrumentos Legais e de Conformidade	Função
Plano Nacional de Gestão de Resíduos – 1998, 2014, 2017, 2021	Definir os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes e responsabilidades da política nacional de resíduos. Estabelece o sistema de responsabilidade estendida ao produtor, que abrangem os REEE.
Norma técnica sobre REEE - 2012	Regulamentar a coleta, transporte, armazenamento e desmontagem dos REEE.
Portal eletrônico Rosprirodnadzor - 2015	Base de dados, informações e serviços relativos á gestão de resíduos.
Catálogo Federal de Resíduos - 2017	Classificar os resíduos de acordo com o risco de dano ambiental, que incluem categorias de REEE.
Plano Regional de Gestão de Resíduos - 1998, 2017	Implementar as políticas e regulamentações nacionais de gestão de resíduos a nível das províncias.
Planejamento municipais de gestão dos resíduos – 1998, 2014, 2017, 2019, 2021	Definir e estabelecer locais para o armazenamento dos resíduos. Desenvolver programas de informação e conscientização da sociedade ao descarte adequado.
Estratégia de desenvolvimento da indústria para o período até 2030 - 2018	Estruturar a indústria nacional para o processamento, utilização e neutralização de resíduos de produção e consumo. Desenvolver tecnologias que permitam a aceleração da utilização de materiais secundários nas cadeias de produção e redução da geração de resíduos.

Fonte: Rússia (1998, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), Baldé *et al*. (2021), Ratner *et al*. (2021),Rosprirodnadzor (2022), Russian Environmental Operator (2022)

Identifica-se que o Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente (*MINPRIRODY*) é o responsável pela elaboração e implementação das políticas públicas de gestão de resíduos no país, entre eles os REEE. De outra parte, o Ministério da Industria e Comércio detém o compromisso de estruturar a indústria nacional para a maximização dos recursos e a redução da geração de resíduos. Este órgão também é responsável por emitir os licenciamentos de importação e exportação de resíduos eletrônicos. Ambos atuam em parceria e cooperação na estratégia governamental de desenvolvimento da indústria para o período até 2030.

O principal órgão vinculado ao *MINPRIRODY* é o Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais, que em conjunto com seus escritórios regionais possuem a tarefa de monitorar e controlar a implementação dos planos nacionais e regionais de gestão de resíduos pelas partes envolvidas, bem como do cumprimento de outras normas e resoluções afins.

Em complemento, o Serviço Federal de Estatísticas do Estado auxilia na contabilização e análise de dados e a Agência Federal de Regulação Técnica e Metrologia contribui no estabelecimento de normas técnicas sobre os processos e materiais relacionados aos resíduos e sua gestão.

À nível local, as gestões públicas municipais são responsáveis pela execução dos planos regionais de gestão de resíduos. Em paralelo, a partir de 2019, o Operador Ambiental Russo (REO) também atua na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Na sequência, a próxima seção descreve as funções e relações entre esses atores e das demais partes envolvidas na gestão dos REEE na Rússia.

4.5.2 Atores nos processos inerentes aos REEE

Os atores envolvidos nas atividades inerentes aos REEE na Rússia são agrupados em três categorias: (i) governo; (ii) mercado e (iii) sociedade conforme classificação de Monteiro (2019) e Vieira et al. (2020). O Quadro 56 apresenta e classifica os atores identificados no estudo do caso Rússia e a Figura 39 situa os atores na cadeia de valor dos REEE do país.

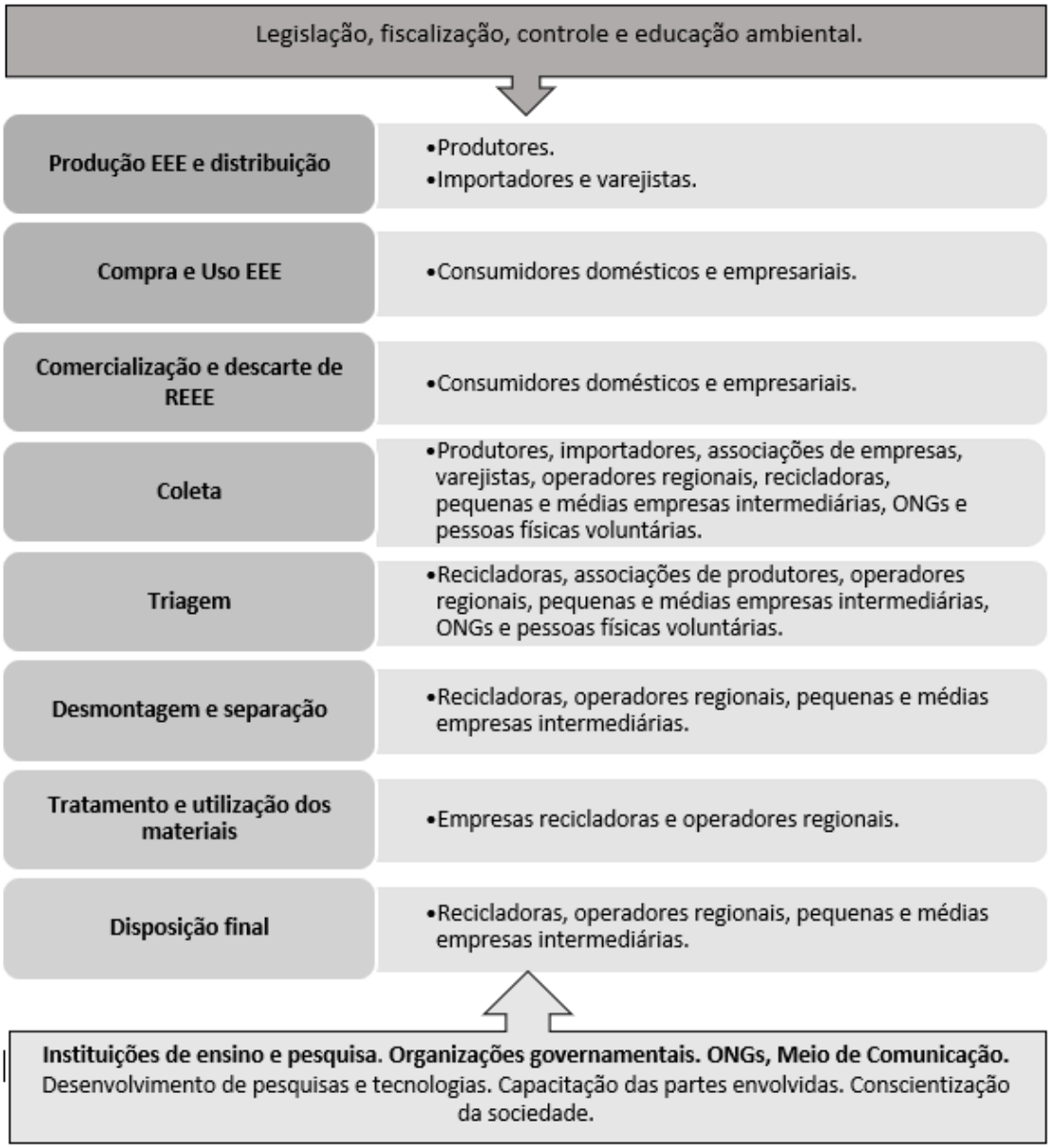
Quadro 56 – Rússia: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE

Atores	**Função na gestão de resíduos e de REEE**
Governo	
Governo federal	Instituir leis, regulamentos e diretrizes específicas aos processos e agentes envolvidos na geração e gestão dos REEE. Autorizar e fiscalizar a importação/exportação de REEE. Monitorar e controlar a efetividade dos sistemas de responsabilidade estendida ao produtor (*EPRs*). Viabilizar a implantação de eco parques industriais e dos operadores regionais. Promover a aplicação das melhores tecnologias disponíveis (*BATs)* na utilização dos REEE. Monitorar e apoiar a gestão regional dos resíduos sólidos, em especial dos recicláveis. Promover a segurança e o bem-estar público.
Governos regionais	Estabelecer planos de gestão de resíduos a nível regional para implementar os planos nacionais de geração e gestão de resíduos, que incluem os REEE.

	Monitorar e controlar o exercício das atividades dos operadores regionais. Apoiar os governos locais nas atividades pertinentes à gestão dos resíduos.
Administrações municipais	Estabelecer e manter locais para o armazenamento de resíduos conforme o plano de gestão de resíduos regional. Atuar na informação e conscientização da sociedade ao descarte adequado dos resíduos recicláveis.
Mercado	
Produtores e importadores	Implementar sistema *EPR* de forma individual ou coletiva, coletando REEE dos consumidores e canalizando-os aos meios de reciclagem licenciados. Dar a destinação final ambientalmente adequada aos REEE. Pagamento de taxa ambiental quando não cumprida as metas de reciclagem de REEE. Participar da conscientização da sociedade.
Associações de produtores/importadores	Estruturar, implantar, operacionalizar e gerir redes de logística reversa de EEE conforme legislação dos sistemas *EPRs.*
Operadores regionais de gestão de resíduos	Realizar a coleta, transporte, triagem, armazenamento e utilização de resíduos da região em que atua. Pode operar nos sistemas *EPRs* quando contratado.
Varejistas	Participar de redes de logística reversa. Dispor locais de consolidação do descarte. Informar os consumidores. Dispor locais de recebimento de REEE
Empresas recicladoras	Coletar, desmontar, separar e reciclar REEE.
Sociedade	
Consumidor	Compradores de EEE. Separar e descartar os REEE adequadamente.
Organizações Não Governamentais (ONGs)	Sensibilizar e conscientizar a sociedade ao descarte adequado. Monitorar a qualidade do meio ambiente.
Instituições de ensino e de pesquisa	Desenvolver tecnologias para a utilização dos resíduos alinhadas ao princípio das *BATs.*
Meios de comunicação - tradicionais e sociais	Meios de difusão da informação. Sensibilizar a sociedade ao descarte adequado.

Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006), Rússia (1998, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022), Ghosh *et al.* (2016), Da Silva, Weins e Potinkara (2019), Fedotkina, Gorbashko e Vatolkina (2019), World Bank (2019, 2021), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Gutman e Teslya (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Baldé *et al.* (2021), Brook (2021), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021). Omelchenko *et al*. (2021), REO (2022), Sko Electronics (2022)

Figura 39 – Rússia: cadeia de valor dos REEE.



Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006), Rússia (1998, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022), Ghosh *et al.* (2016), Da Silva, Weins e Potinkara (2019), Fedotkina, Gorbashko e Vatolkina (2019), World Bank (2019, 2021), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Gutman e Teslya (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Baldé *et al.* (2021), Brook (2021), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021). Omelchenko *et al*. (2021), REO (2022), Sko Electronics (2022)

Verifica-se que o governo federal institui leis e regulamentos nacionais sobre a gestão dos resíduos, onde se inclui os REEE. Os governos regionais e a rede de produtores/importadores de EEE por sua parte, desenvolvem e implementam planos regionais de gestão de resíduos e os sistemas *EPRs* respectivamente, ambos controlados pelo governo federal. Em adição, o operador federal (*REO*) monitora e

apoia as respectivas ações regionais e locais e os operadores regionais executam as atividades de coleta, utilização e descarte dos resíduos.

Em específico aos REEE, os produtores e importadores de EEE estão estruturando de forma individual ou coletiva a logística reversa dos REEE, maximizando a circularidade dos materiais secundários e reduzindo a canalização de resíduos aos aterros sanitários. Nessa conjunção, órgãos de governo, empresas e organizações autônomas buscam através dos meios de comunicação sensibilizar e conscientizar a sociedade ao descarte adequado dos resíduos recicláveis.

No governo federal, o Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente e o Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais compõem a autoridade máxima na gestão dos REEE (BALDÉ *et al.,* 2021).

A partir de 2017 o governo federal russo iniciou uma ampla reforma e descentralização da gestão de resíduos no país, alterando as responsabilidades das autoridades federais, regionais e locais, com a missão de reduzir a canalização de resíduos aos aterros sanitários, maximizando a utilização dos materiais secundários nas cadeias de produção e consumo (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020). As taxas de reciclagem dos resíduos estão evoluindo, porém, dados oficiais e de mercado apontam que é preciso avançar na reciclagem dos resíduos industriais e dos resíduos sólidos urbanos, onde se concentram a maior parte dos recicláveis, entre eles os REEE (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; BALDÉ *et al.,* 2021; GHOSH *et al*., 2016; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

Nesse contexto, o governo federal é responsável por regulamentar e normatizar a gestão de resíduos no país, estabelecendo os requisitos para a utilização, neutralização e descarte sob um plano nacional de gestão de resíduos. Além disso, cabe às autoridades federais a aprovação dos planos regionais e dos programas de investimento em gestão de resíduos, bem como consolidar a contabilização dos resíduos a nível nacional. Os governos regionais das 85 entidades federativas detêm a atribuição da administração da gestão dos resíduos, inclusive dos resíduos sólidos urbanos, cujo encargo foi migrado dos governos municipais para os regionais. Para tal, devem elaborar e implementar planos regionais de gestão de resíduos, aprovar programas de investimento em gestão de resíduos sólidos urbanos, autorizar instalações de coleta e armazenamento de resíduos sólidos urbanos, regular, monitorar e controlar os operadores regionais e; receber dados de

contabilização de resíduos e transferi-los à autoridade federal. Aos governos locais cabe a tarefa de estabelecer locais para a instalação de coletores e armazenamentos de resíduos e atuar na informação, sensibilização e conscientização da sociedade ao descarte adequado (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

Em paralelo, a estrutura governamental russa conta com a figura de operadores federais, ambientais e regionais, que operam em várias esferas e estágios da gestão de resíduos. O operador federal (MINPRIRODY e Agências vinculadas) é responsável pela gestão dos resíduos de classe I e II. Esses resíduos conferem maior risco de danos ao meio ambiente e à saúde humana, como os que contêm mercúrio e ácidos. O Operador Ambiental Russo (*Russian Environmental Operator - REO*), atua no monitoramento da implementação da legislação nacional de gestão de resíduos, cooperando com os governos regionais e locais na estruturação e implantação dos planos regionais de gestão de resíduos. Essa empresa pública criada em 2019 também tem a função de articular os *stakeholders* envolvidos na gestão de resíduos para a atração de investimentos privados em projetos alinhados a redução de resíduos aos aterros sanitários e aceleração da reciclagem de materiais (HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020). São exemplos desses projetos de investimentos: (i) construção na região de Magadan de uma instalação intermunicipal para tratamentos resíduos sólidos urbanos até 2024, que deverão processar 55 mil toneladas ano e reciclar cerca de 37,5 mil toneladas ano; (ii) instalação de três complexos de triagem, sendo dois com reciclagem de resíduos na região de Trans-Baikal até o final de 2024, com capacidade de processar 175 mil toneladas ano; (iii) apoio à criação de eco-cluster em 2022 na região de Ivanovo para reciclagem de materiais têxteis e: (iv) criação de uma rede de 10 mil máquinas de venda reversa por bônus de recicláveis (plástico, vidro e alumínio) a ser instalada nas cidades com mais de 100 mil habitantes (RUSSIAN ENVIRONMENTAL OPERATOR, 2022, *online*). Os operadores regionais, por sua vez, com base nos planos regionais de gestão de resíduos, são responsáveis pela gestão dos resíduos de classe III, IV e V, de menor risco a danos ambientais. Esses operadores são organizações públicas ou privadas selecionadas por meio de processo de licitação para operar em determinada região na coleta, transporte, tratamento, utilização, neutralização e descarte final dos resíduos. De igual forma, determinados operadores regionais podem atuar na gestão dos resíduos das classes I e II, desde que habilitados e contratados para a função. Uma região pode comportar

a atuação de mais de um operador regional em função dos volumes de resíduos gerados (HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020). No segmento dos resíduos sólidos urbanos os operadores regionais são os principais agentes para a circularidade de materiais secundários (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021), o que inclui REEE domésticos.

De outra parte, produtores, importadores e recicladores são responsáveis em criar a infraestrutura necessária para gestão dos REEE na Rússia. Os produtores/importadores podem optar em coletar e processar os REEE de forma individual ou delegar a função a uma associação de empresas por meio de contratos estabelecidos, conforme previsto em legislação sobre os sistemas de responsabilidade estendida ao produtor (*EPRs)* (BALDÉ *et al.,* 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Um exemplo dessa associação é a SKO Electronics – Recycling formada em 2017 com a missão de construir um sistema eficaz de coleta e reciclagem de REEE alinhada à Lei Nº 89 e demais regulamentos correlatos. Essa associação é uma organização sem fins lucrativos formada por *stakeholders* do mercado russo de eletroeletrônicos como a: Sony, Samsung, LG, Panasonic, Canon, Electrolux, BSH, Philips, Dell, Miele entre outros. Os objetivos da SKO Electronics – Recycling se concentram em estruturar e implantar sistemas de interação entre os participantes do mercado e os órgãos governamentais regionais/locais a fim de garantir o descarte adequado dos REEE em cumprimento às legislações vigentes, promover o desenvolvimento do empreendedorismo de atividades de reciclagem de REEE e, cooperar na conscientização da sociedade ao descarte responsável através dos meios de comunicação. A coleta de REEE é realizada em pontos de coleta situados nas cidades de 16 regiões da Rússia e por esquemas de *Ecotáxi*, que coletam os resíduos no domicílio (SKO ELECTRONICS – RECYCLING, 2022, *online*).

A SKO Electronics – Recycling (2022, *online*) relata que em 2019 firmou convênio com a maior rede varejista de eletroeletrônicos da Rússia, o M.Video-Eldorado Group, para a disposição permanente de pontos de coleta de REEE de todos os tipos nas suas 220 lojas físicas em um prazo de implantação de até dois anos. Campanhas temporárias de arrecadação são utilizadas para sensibilizar a sociedade ao descarte nos pontos de coleta e soluções de TI rastreiam os resíduos entre o varejista, associação e recicladores. Em São Petersburgo, por exemplo, 26 lojas arrecadaram 5 t de REEE em dois meses de implantação do projeto. Calcula-se que cada cidade arrecadará cerca de 20 mil toneladas ano de REEE. Desta forma,

considerando que as tecnologias de reciclagem empregadas na Rússia utilizam 50% a 80% dos materiais dos REEE, o convênio contribuirá para reintroduzir nas cadeias de produção e consumo de no mínimo 10 mil toneladas/ano de materiais secundários.

Outras empresas do setor privado, geralmente de pequeno e médio porte exercem atividades relacionadas à coleta, utilização e descarte de resíduos, atuando por conta própria ou associadas e subcontratadas por empresas de grande porte ou por operadores regionais (FEDOTKINA; GORBASHKO; VATOLKINA, 2019; GHOSH *et al*., 2016; WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Fedotkina, Gorbashko e Vatolkina (2019) fazem menção que a coleta e triagem de resíduos no país também é realizada por pessoas que de forma voluntária recolhem os resíduos gerados por outras pessoas ou empresas e os levam para locais de descarte e reciclagem.

As ações voluntárias de coleta de resíduos são relatadas por órgãos oficiais como o *REO*, pela mídia e consta de algumas pesquisas da academia, porém não há dados de atividades informais alusivas a coleta, triagem e reciclagem de recicláveis no país (BALDÉ *et al.,* 2021). Embora, o World Bank (2019, 2021) indique que o trabalho informal é um fenômeno generalizado na Rússia. Estima-se que em 2001 o trabalho informal representava 12,5% do emprego total, em 2016 passou para 21,2% e no quarto trimestre de 2020 reduziu para 18,9%. De acordo com Da Silva, Weins e Potinkara (2019) não há nenhuma menção ou posição oficial identificada em relação à existência e reconhecimento de atividades informais relacionadas à cadeia de valor dos resíduos, mesmo podendo ocorrer de forma ocasional por pessoas em situação de perda de renda temporária. Desta forma, a questão do mercado informal de resíduos na Rússia permanece como um ponto cego, sem pesquisas ou debates públicos relevantes.

Nesse cenário, empresas, associações de empresas, órgãos do governo, organizações não governamentais (ONGs) e a mídia local agem na divulgação de informações sobre a gestão dos resíduos que contribuam para sensibilizar a sociedade ao descarte adequado e à participação ativa dos consumidores em campanhas e programas, que de igual forma almejem a maior conscientização da população (FEDOTKINA; GORBASHKO; VATOLKINA, 2019). ONGs internacionais como o Greenpeace e o World Wide Fund (WWF) for Nature atuam no país, bem como ONGs nacionais como o Comitê Nacional Russo de Apoio ao PNUMA e o Centro de Pesquisa Baikal (OMELCHENKO *et al.*, 2021). Esses autores ressaltam que a legislação russa permite às ONGs ambientais monitorar a qualidade e preservação do

meio ambiente e os resultados devem ser considerados na formulação e aplicação de leis e normas ambientais.

Nessa linha, a capital do país Moscou tem reunido esforços das partes envolvidas para reduzir o descarte dos resíduos em aterros sanitários e maximizar a utilização dos materiais secundários.

4.5.3 REEE na metrópole Moscou (Moscow)

Moscou, uma cidade federada, é o maior centro econômico, científico e cultural do país, localizada na parte ocidental da Rússia em uma área de 2.511 km2 com 12 divisões administrativas. A cidade abriga os principais órgãos governamentais e um polo de pesquisa e desenvolvimento com 153 instituições de ensino superior, além de ser uma rota de turismo e cultura com destaque no cenário local e mundial. A metrópole possui uma população estimada em 12,6 milhões de habitantes e sua região metropolitana concentra cerca de 20 milhões de habitantes, representando mais de 10% da população russa e lhe posicionando como a maior metrópole do país (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021).

Após a dissolução da União Soviética a economia de Moscou passou por uma transformação acelerada pela privatização de estatais. A economia centrada até então na indústria e nesta na engenharia passou a ser substituída pelo setor de serviços, principalmente financeiro, imobiliário e varejista. Apesar disso, a cidade ainda contém o maior polo industrial do país. O setor industrial com forte ênfase na mecânica, química e processamento de alimentos representa 16% do valor agregado da economia da cidade. O setor financeiro e imobiliário somados às atividades de pesquisa e desenvolvimento somam 25% do PIB de Moscou, que registram a maior taxa de pedidos de patentes do país. Entre 2010 e 2019 o crescimento econômico foi de 12,4%, quando registrou um PIB de 19,7 trilhões de rublos (US$ 324,94 bilhões). O PIB per capita da metrópole é 2,5 vezes maior do que a média nacional russa e contribui com 20% do PIB nacional. Moscou detêm mais de 1 milhão de pessoas jurídicas e 270 mil empreendedores individuais registrados, o que representa 15% das empresas do país e atraem 50% dos investimentos estrangeiros aplicados no país. A cidade abriga a maioria das sedes das empresas líderes nacionais e das filiais das multinacionais alocadas no país (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021).

Nesse cenário, a cidade apresenta a menor taxa de desemprego e de trabalho informal do país com 1,8% e 3,6% respectivamente em 2018, impulsionados pelos altos níveis de educação da população local. Calcula-se que 99% da população ativa tenham o ensino médio e 75% tenham ensino superior (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021, WORLD BANK, 2019).

Contudo, Moscou enfrenta desafios de grandes metrópoles globais como a poluição, que excede os níveis recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), geração de grandes volumes de resíduos, desigualdade social, carência de moradias, alto custo de vida em relação às outras cidades russas e o encolhimento da população ativa. A geração per capita de resíduos sólidos urbanos em 2020 foi de 370kg e a taxa de reciclagem para o mesmo ano foi de 22,3%, abaixo da média da Organization for Economic co-Operation and Development (OECD*)* de 416kg e de 40% na sequência (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021).

O governo de Moscou, com o objetivo de se alinhar à reforma federal da gestão de resíduos iniciada em 2017, ajustou a legislação em junho de 2020, no qual atribui responsabilidades e penalidades pelo descumprimento dos requisitos de separação e armazenamento de resíduos e atribui ao Departamento de Recursos Naturais e Meio Ambiente da cidade de Moscou a autoridade de controle das atividades municipais da gestão de resíduos, porém a seleção do operador regional foi adiada para o ano de 2022 (HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020).

Em 2021, o Operador Ambiental Russo (*REO*) anunciou o investimento de 2,9 bilhões de rublos (US$ 49,82 milhões) na instalação de duas novas plantas de processamento de resíduos sólidos urbanos na região de Moscou, uma em Aleksinsky Quarry e outra em KPO Neva. Os projetos contam com investidores do setor privado como do grupo de empresas Ecoline, principal operador desses resíduos na cidade. O centro de triagem de Aleksinsky terá capacidade de tratar 950 mil toneladas ano de resíduos sólidos urbanos e de KPO 500 mil toneladas ano. O *REO* projeta que as duas plantas elevem em 48% a taxa de reciclagem dos resíduos sólidos urbanos de Moscou (RUSSIAN ENVIRONMENTAL OPERATOR, 2022, *online*).

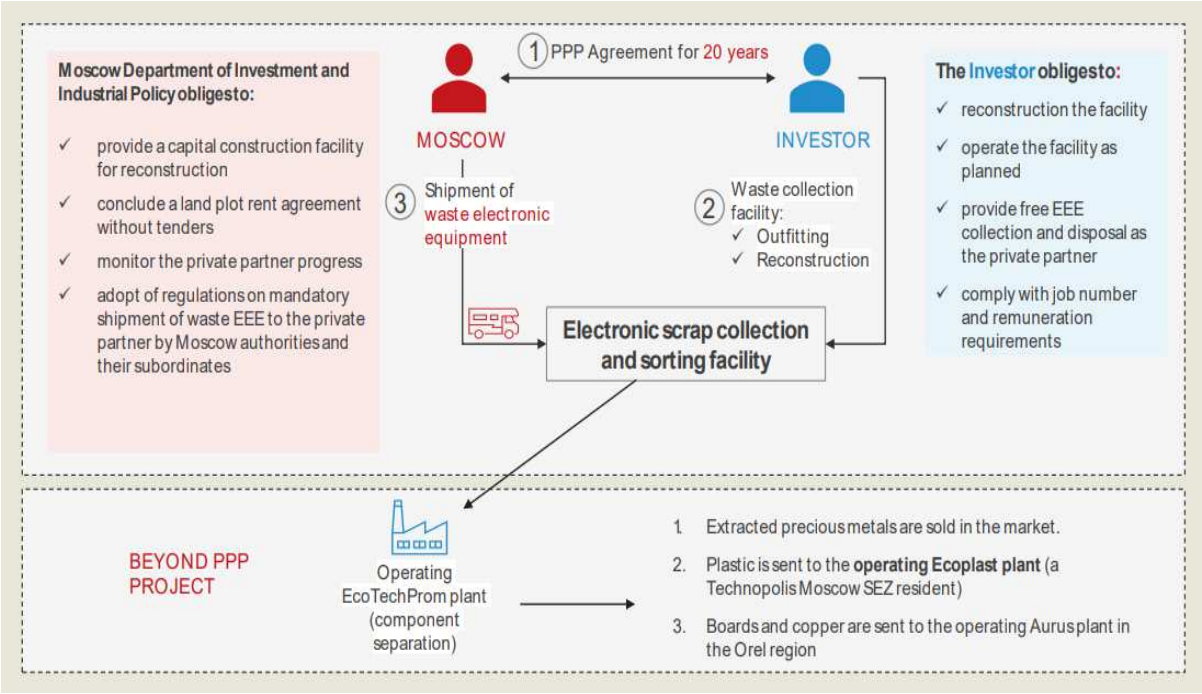
Entre os projetos divulgados em 2021 e em implementação está o de reciclagem de REEE para além dos sistemas *EPRs* a serem implementados pelos produtores e importadores a nível nacional. O projeto de reciclagem de REEE (pioneiro no país) prevê uma parceria público-privada (PPP) entre o Departamento de

Investimento e Política Industrial de Moscou (*Department of Investment and Industrial Policy of Moscow*) e um investidor privado contratado pelo prazo de 20 anos. Pela estrutura do acordo a administração municipal realizará um arrendamento de terras e regulamentará a canalização de REEE ao parceiro do setor privado. Estima-se que a PPP proporcione uma redução anual de custos no tratamento dos resíduos de 100 milhões de rublos (US$ 1,62 milhões) (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021).

A empresa parceira é a Ecopolis Corporation, que fará a coleta e triagem dos REEE, enviando os resíduos separados e classificados para recicladoras da região. O objetivo do projeto é reintroduzir 95% dos materiais dos REEE nas cadeias de produção e consumo e construir uma economia de ciclo fechado em Moscou. (KAMALOVA, 2021; ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021).

A Figura 40 apresenta o fluxo e aspectos do projeto de acordo de PPP para a reciclagem de REEE em Moscou exposto pelo Departamento de Investimento e Política Industrial de Moscou à missão da *OECD* em abril de 2021 sobre o desenvolvimento de linhas de tratamento de resíduos na cidade.

Figura 40 - Acordo de PPP para reciclagem de REEE de Moscou



Fonte: OECD (2021)

Observa-se que de um lado da PPP a administração municipal de Moscou se compromete a regulamentar a coleta e triagem dos REEE conforme acordo com a empresa parceira, bem como fornecer e arrendar local para a instalação de armazenamento e triagem dos REEE. Desta forma, a empresa selecionada para a PPP Ecopolis Corporation realizará a coleta e triagem dos REEE em local definido pelo governo municipal. Além disso, o governo municipal e seus subordinados se obrigam a canalizar os REEE ao parceiro, monitorando o progresso de suas atividades. De outra parte, a empresa investidora se compromete a coletar e separar os REEE enviando os resíduos classificados às empresas recicladoras próximas à região de Moscou. Cabe ao investidor desenvolver e implementar a infraestrutura necessária para as ações acordadas, cumprir as metas e requisitos necessários para a sua remuneração. Os resíduos eletroeletrônicos derivados serão enviados à empresa Ecotechprom para separação dos componentes e posterior venda dos metais preciosos no mercado, enquanto as placas de cobre serão enviadas à recicladora Aurus na região de Orel. Os resíduos plásticos derivados serão enviados à recicladora Ecoplast operacional da Technopolis Moscow.

A empresa Ecotechprom tem capacidade de processar até 75 mil toneladas ano de REEE, a Ecoplast processa até 25 mil toneladas ano de resíduos plásticos e a Aurus processa até 12 mil toneladas ano de metais. Essas três plantas operacionais pertencem ao grupo empresarial Ecopolis Corporation. De acordo com a corporação, o conjunto de recicladoras tem capacidade de processar todo o montante de REEE gerado na cidade de Moscou. Suas atividades se concentram na reciclagem dos REEE, bem como realizam perícias técnicas e implementam sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs*). A partir da reciclagem dos REEE as plantas operacionais geram sucatas de aço inoxidável, de alumínio, de metais ferrosos, cátodo de cobre e grânulos plásticos de ABS, PS e PPP (ECOPOLIS CORPORATION, 2022, *online*).

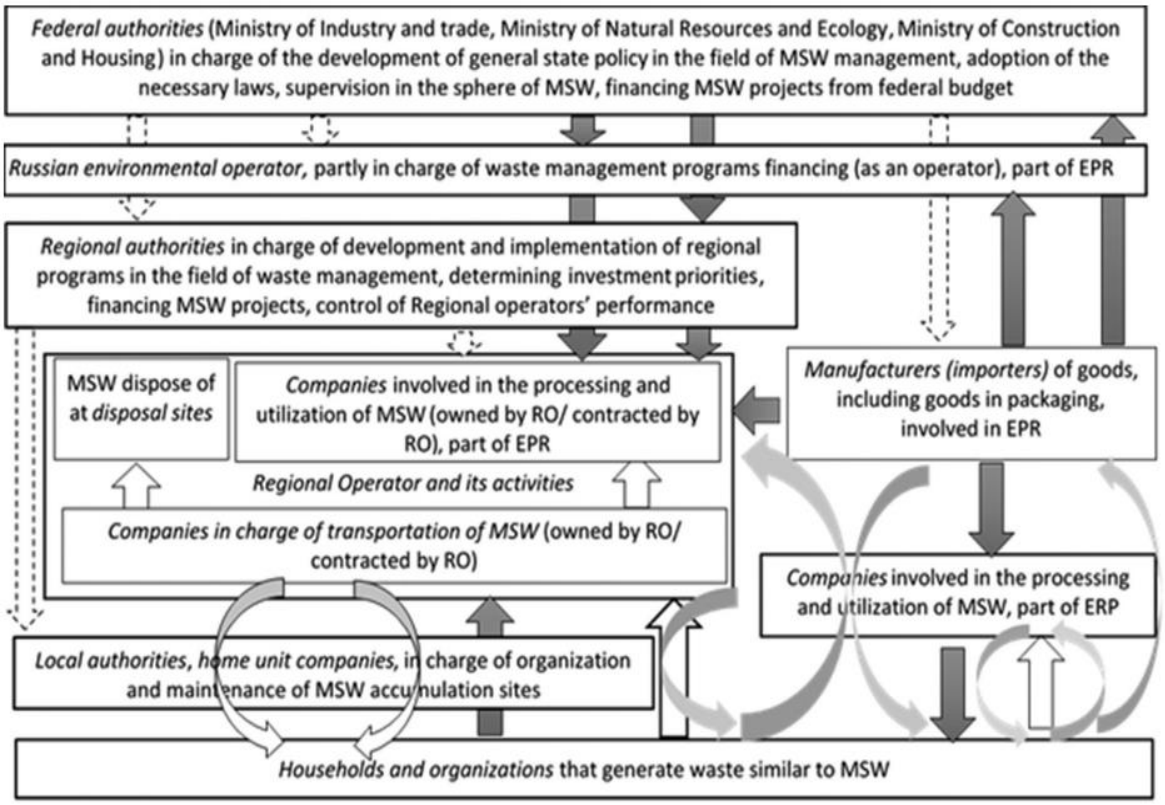
Com a inclusão dos REEE nos sistemas *EPRs,* cobrança de taxa ambiental e a proibição a nível nacional do descarte de REEE em lixeiras comuns, que passou a vigorar em março de 2022, outras recicladoras instaladas na região de Moscou começaram a atuar com maior foco na coleta e reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Uma das recicladoras é a Oris Prom, fundada em 2001, se consolidou como uma das principais empresas de reciclagem de metais ferrosos, borracha e materiais de construção de Moscou e do país. Possui uma estrutura de

cinco bases de operação, mais de 60 veículos, 1.500 containers, expedição 24 horas e atendem mais de 4.500 empresas e organizações. A companhia atua na terceirização dos sistemas *EPRs* e em programas governamentais de reciclagem de automóveis e resíduos perigosos na região de Moscou. Em específico aos resíduos eletroeletrônicos, a empresa coleta e processa REEE domésticos e de escritórios, com capacidade de reciclagem de 52 mil toneladas ano. Em 2013, a Oris Prom lançou o projeto Eco Táxi nas cidades de Chelyabinsk e Perm, pelo qual os residentes solicitam a retirada de resíduos recicláveis gratuitamente de seus domicílios dentro do princípio Lixo Zero. O projeto foi estendido à cidade de Moscou com o apoio do Ministério da Habitação e Serviços Públicos da Região de Moscou a atualmente atende 55 distritos da metrópole (ORIS PROM, 2022, *online*).

Em consonância à legislação nacional vigente aos sistemas *EPRs, a* associação SKO Electronics – Recycling dispõem em Moscou de 119 pontos de coleta de REEE alocados em várias regiões da cidade, além do serviço de Eco táxi. A SKO é uma organização sem fins lucrativos formada por produtores e importadores de EEE como a Canon, Dell, Electrolux, LG, Samsung e Sony, que realiza a logística reversa dos REEE e o descarte ambientalmente correto desses resíduos (SKO ELECTRONICS – RECYCLING, 2022, *online*).

A inserção de sistemas *EPRs* que atendam a demanda entre outros da geração de REEE em Moscou avança em paralelo a programas de melhoria na gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), espelhando a realidade de muitas cidades do país, nas quais a terceirização das atividades de coleta, reciclagem e descarte dos RSU a operadores regionais e a implementação dos sistemas *EPRs* estão sendo implementados ou adequados à legislação nacional vigente. Wiesmeth e Starodubets (2020) demonstram na Figura 41 as interrelações entre *stakeholders* no sistema de gestão dos RSU russos (*municipal solid waste - MSW*) concomitantes aos sistemas *EPRs (extended producer responsibility*), onde as setas em cinza indicam os fluxos financeiros, as setas brancas os fluxos de material e a setas tracejadas mostram a hierarquia da legislação.

Figura 41 – Estrutura do sistema de gestão dos RSU: *EPRs*.



Fonte: Wiesmeth e Starodubets (2020, p. 731)

Verifica-se pelo esquema que as autoridades federais, regionais e locais, assessorados pelo *REO*, articulam com empresas na implementação de projetos que viabilizem a reciclagem dos RSU, que contêm resíduos elencados aos *EPRs*, agindo desde a origem da geração dos resíduos, nos domicílios e organizações (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Outros *stakeholders* da cadeia de valor dos REEE estão implantando projetos para sensibilizar e conscientizar a sociedade ao descarte adequado desses resíduos, oportunizando a reciclagem dos materiais e reduzindo a canalização dos recicláveis aos aterros sanitários.

Como exemplo, a Tele2, uma das maiores operadoras de telefonia móvel do país lançou em 2020 uma campanha publicitária, cujo objetivo era sensibilizar a sociedade ao descarte correto dos telefones. Para tal, instalou em 579 de seus pontos de venda caixas de coleta de telefones usados que foram reciclados em parceria com a Ecopolis. O sucesso do projeto piloto se estendeu para um programa permanente da empresa de marketing sustentável (AIM2FLOURISH, 2022, *online*).

Em adição, as instituições de ensino e pesquisa atuam também na capacitação de empresas e organizações relacionadas aos REEE, além do

desenvolvimento de tecnologias de reciclagem. A Academia de Resíduos Eletrônicos em Moscou (E-Waste Academy) do Centro Unido para Cooperação Industrial Internacional na Federação Russa (Unido Centre for International Industrial Cooperation In The Russian Federation) em associação com a Organização de Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (United Nations Industrial Development Organization) iniciou em abril de 2017 a realização de cursos de capacitação para representantes do governo, do setor privado e de outras organizações ligadas ao campo de reciclagem de REEE. O objetivo é desenvolver e implementar sistemas de gestão de REEE a nível regional e nacional (UNIDO CENTRE FOR INTERNATIONAL INDUSTRIAL COOPERATION IN THE RUSSIAN FEDERATION, 2022, *online*). Percebe-se, desse modo, que as esferas governamentais atuam em parcerias com o setor privado e instituições de ensino e pesquisa em políticas e ações que reduzam a canalização de resíduos recicláveis aos aterros sanitários em Moscou. De igual forma, há ações estruturantes para o descarte adequado dos REEE e para elevar as taxas de reciclagem desses resíduos.

Contudo, as realidades locais e nacional impõe desafios que necessitam ser considerados, avaliados e apresentados possíveis caminhos e soluções às problemáticas. Na seção a seguir, as limitações à gestão eficaz dos REEE na Rússia são analisadas e traçadas proposições de melhoria ao sistema.

4.5.4 Aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE

Atualmente, a maior parte dos resíduos são descartados em aterros sanitários cujo limite da capacidade está próxima ou excedida (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MARYEV; SMIRNOVA, 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020). O aumento da geração de resíduos na Rússia e dos danos ao meio ambiente e à saúde humana desencadearam uma série de protestos da população pelas cidades do país, que reforçaram a urgência de reformas no sistema de gestão de resíduos (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

As esferas de governo estão envidando esforços junto a sociedade na canalização adequada dos resíduos e investindo em parcerias com o setor privado para elevar as taxas de reciclagem dos resíduos. Conforme Vasilenok *et al*. (2021) e Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021) a participação do mercado de resíduos no

PIB do país é de aproximadamente 3%, permanecendo um grande número de recursos secundários nos aterros sanitários. Em específico à reciclagem dos REEE, Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021) expõem que há divergência entre os dados divulgados. Exemplificando, o Centro Unido para Cooperação Industrial Internacional russo declara que 20% dos REEE foram reciclados em 2017, enquanto a Associação dos Processadores de Eletroeletrônicos argumenta que a reciclagem de REEE está no patamar de 5 a 7% anuais.

Muitos resíduos recicláveis estão no conjunto dos resíduos sólidos urbanos descartados, porém os resíduos da indústria, sobretudo da mineração e do carvão, constituem a maior parcela dos resíduos gerados (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MAALOUF, 2020). De acordo com Maalouf (2020) os resíduos industriais representam cerca de 93,6% dos resíduos gerados na Rússia, enquanto os resíduos sólidos urbanos representam 0,8% do total gerado.

Desta forma, a implementação de políticas e investimentos de gestão de resíduos e em particular dos REEE enfrentam adversidades, que necessitam de análises e de proposições que promovam a gestão sustentável dos resíduos no país.

O governo federal iniciou uma ampla reforma do sistema de gestão de resíduos em 2017, com o objetivo de reduzir a canalização de resíduos aos aterros sanitários, elevar as taxas de reciclagem e incluir o princípio da Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs)*, transferindo poderes da esfera nacional e municipal para o regional (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020). A reforma descentralizou a gestão dos resíduos a nível regional, mas a transferência da autoridade municipal para a regional dificulta a implementação dos planos de gestão dos resíduos, pois cada cidade possui as peculiaridades de sua territorialidade, que os planos municipais poderiam ajustar (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020). Além disso, algumas regiões apresentam despreparo técnico e de gestão na implementação dos planos (HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020). Até 2019, todas as entidades federativas deveriam estar ajustadas ao novo sistema, mas no final do ano 78 das 85 haviam concluído a adequação, estabelecendo seus planos regionais de gestão de resíduos com a alocação de operadores regionais. A implementação nas cidades de importância federal Moscou, São Petersburgo e Sebastopol foi adiada para o ano de 2022 (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020).

O marco regulatório sobre a gestão de resíduos permanece centrada na Lei Federal Nº 89 de 1998, que foi alterada, complementada e relacionada a diversas leis federais, decretos, normas federais e regionais, que tornaram a legislação sobre a gestão de resíduos bastante complexa (IVANOVA; WU, 2022). O ideal de manter uma linha mestra do arcabouço legal demonstra na prática lacunas de atribuições de responsabilidades entre as esferas do governo e aos geradores de resíduos (IVANOVA; WU, 2022; WIESMETH; STARODUBETS, 2020), sobretudo nas atividades de fiscalização e na limitada responsabilidade do setor produtivo (IVANOVA; WU, 2022). Essas contradições entre os *stakeholders* provocam ações descoordenadas entre as autoridades e as demais partes envolvidas, dificultando a gestão integrada dos resíduos (MARKOVA; MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019).

Apesar de os preceitos da reforma legal e administrativa ser baseada na regulamentação europeia, a legislação russa centraliza suas políticas e ações na reciclagem e no descarte dos resíduos e não as relaciona diretamente a todos os princípios da economia circular, deixando os temas da prevenção e reuso à margem do sistema (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; RATNER *et al*., 2021). Gutman e Teslya (2020) e Ratner *et al*. (2021) argumentam que não há uma estratégia integrativa e consolidada de transição para a economia circular. Segundo Gutman e Teslya (2020) há cerca de 30 regulamentos federais que se relacionam ao desenvolvimento sustentável, porém neste conjunto há normas em vigor instituídas no decorrer dos últimos 25 anos, sem alterações ou complementos que as vinculem aos desafios atuais.

Entretanto, a reforma do sistema de gestão de resíduos compõe as estratégias nacionais para o desenvolvimento sustentável para o período de 2019 a 2024. Com um orçamento de 4,5 bilhões de dólares calculados com base em investimentos privados de mais de 60% do total, estima-se elevar as taxas de reciclagem dos resíduos de 3% para 36% em 2024 (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020). Esses autores ressaltam que o curto prazo para alcançar metas ambiciosas pode conduzir a insegurança e ao descaso dos programas de governo, como também pode gerar soluções paliativas como a instalação de containers para a separação do resíduo na origem, sem ter um sistema estruturado para processar e reciclar os resíduos.

Em relação aos resíduos eletroeletrônicos, não há uma regulamentação específica à gestão dos REEE, mas o segmento possui destaque diferenciado entre

outros na legislação de gestão de resíduos (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021). Todavia, esses autores observam que as políticas direcionadas ao setor de REEE são no contexto da gestão de resíduos no país ainda muito recentes e necessitam de maior análise e estruturação legislativa e institucional.

A inclusão legislativa dos sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs*) englobam classes de REEE, no qual estabelecem metas anuais progressivas de reciclagem com o objetivo de alcançar 30% em 2025 (FORTI *et al.* 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Atualmente, os produtores e importadores de EEE podem cumprir as metas da legislação relativa a *EPRs* de diferentes formas: criar sua própria estrutura de logística reversa e reciclagem, associar-se a outras empresas ou contratar um operador regional para a realização das atividades. Mas, se as metas de reciclagem não forem cumpridas, as empresas pagam uma taxa ambiental ao governo federal. Ocorre que o valor das taxas ambientais cobradas pelo governo federal é baixo quando comparado ao custo das operações relacionadas à reciclagem dos resíduos, o que tem conduzido muitas empresas a optarem pelo pagamento das referidas taxas (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

As taxas arrecadadas compõem um fundo federal que subsidia investimentos regionais para a reciclagem dos resíduos, priorizando os elencados aos sistemas *EPRs*. Em 2016, o governo federal arrecadou 17,7 milhões de dólares, em 2017 foram pagos 34,2 milhões de dólares e em 2018 totalizou 28,9 milhões de dólares em taxas ambientais (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Além disso, a legislação prevê o pagamento anual progressivo em relação a grupos de componentes (Exemplo: % de polímeros) inseridos no mercado no ano anterior, e não sobre o total de produtos (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020). Para esses autores, a conjunção do baixo valor das taxas ambientais, das regulamentações que tratam parcialmente os produtos inseridos no mercado e as alternativas de cumprimento da legislação inibem a formação da infraestrutura necessária para reciclagem dos resíduos.

Abu-Qdais e Kurbatova (2022) expõem que o setor de reciclagem carece de apoio institucional governamental com estruturas adequadas e de profissionais qualificados, com conhecimentos alinhados aos princípios da economia circular que se transmitam na tomada de decisões sobre regulamentações e programas propostos. Em adição, a falta de dados confiáveis sobre a geração de resíduos no país, bem

como de dados segregados de REEE impedem o real diagnóstico do setor e dificultam a tomada de decisões de projetos futuros (BALDÉ *et al.,* 2021; MARKOVA; MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019). Baldé *et al.* (2021) destacam, por exemplo, a insuficiência de dados sobre a importação e exportação de REEE pela Rússia nos relatórios da Convenção da Basileia. A Vice Primeira-Ministra Victoria Abramchenko, reconhece que os dados dos relatórios anuais dos produtores e importadores enviados ao Rosprirodnadzor ainda não são plenamente confiáveis, pois se apresentam por diversas vezes incompletos e/ou incorretos (RUSSIAN GOVERNMENT NEWS, 2022, *online*).

O mercado de reciclagem de resíduos é amplamente apoiado pelo governo federal, mas enfrenta desafios próprios de um setor em desenvolvimento e transformação. As barreiras mais destacadas pelos autores pesquisados são: o descarte de recicláveis, inclusive de REEE, em aterros sanitários e lixões não licenciados (FORTI *et al*., 2020; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021), insuficiência de pontos de descarte de recicláveis separados na origem (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021), a estrutura existente de coleta, triagem, armazenamento e reciclagem de REEE não é suficiente para tratar o montante do REEE doméstico gerado (FORTI *et al*., 2020; MARKOVA; MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019), baixo envolvimento das empresas e das famílias aos projetos de *EPRs* (WIESMETH; STARODUBETS, 2020), mercado de recursos secundários pouco desenvolvido (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021), falta de uma abordagem metodológica e sistemática para o desenvolvimento da indústria de processamento de resíduos no país (MARYEV; SMIRNOVA, 2021), setor produtivo focado no lucro a curto prazo e limitado alinhamento aos princípios da prevenção e reuso da economia circular (DOROKHINA; KHARCHENKO, 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020), baixo percentual de materiais secundários reintroduzidos nas cadeias produtivas em relação ao total dos resíduos processados (WIESMETH; STARODUBETS, 2020), desigualdades de fluxos de resíduos proporcionais à capacidade instalada e de acesso a financiamentos estatais entre os *stakeholders* envolvidos nas cadeias de reciclagem, comprometendo o equilíbrio financeiros das empresas (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020), concorrência entre as empresas envolvidas no processamento e reciclagem dos recicláveis e os operadores regionais (WIESMETH;

STARODUBETS, 2020) e; mudança de hábito da população, que em meio a dificuldades financeiras prefere armazenar os REEE e vende-los a recicladores de metais, em vez de descarta-los à organizações especializadas sem bônus (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021).

Wiesmeth e Starodubets (2020) e Ratner *et al*. (2021) ressaltam a baixa sensibilização das organizações e da sociedade à redução da geração dos resíduos, do reuso e do descarte adequado dos mesmos. Wiesmeth e Starodubets (2020) observam a escassez de produções acadêmicas russas que analisem os sistemas de gestão de resíduos no país, as relações entre as partes envolvidas, os modelos de negócios e suas conexões com os preceitos da economia circular, que tem a capacidade de promover a conscientização pública sobre a gestão dos resíduos.

Diante do exposto, o Quadro 57 resume as principais barreiras apontadas pelos estudos à gestão dos REEE na Rússia.

Quadro 57 – Rússia: barreiras à gestão dos REEE

Barreiras	**Autores**
Estrutura legal de gestão de resíduos complexa, sem legislação específica aos REEE Lacunas de atribuições de responsabilidades e metas altas de reciclagem no curto prazo	Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022), Ivanova e Wu (2022).
Insuficiência e divergência de dados sobre geração e gestão de REEE	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Baldé *et al.* (2021).
Fragilidades institucionais na gestão dos resíduos (inclui os REEE)	Markovabi Morozenko e Vakhrusheva (2019), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Descarte inadequado dos REEE	Forti *et al*. (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022)
Escassez de infraestrutura nacional para implantação de redes de reciclagem	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Forti *et al*. (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Abu-Qdais; Kurbatova (2022).
Governo e mercado não priorizam ações para a redução e reuso dos resíduos.	Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Ratner *et al*. (2021), Ivanova e Wu (2022).
Baixo envolvimento dos produtores no mercado de reciclagem e ao *ecodesign*	Wiesmeth e Starodubets (2020), Dorokhina e Kharchenko (2021), Ratner *et al*. (2021).
Baixas taxas ambientais para cumprimento da legislação *EPR*	Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020).

Fluxos de volumes insuficientes de REEE às recicladoras	Heidemann e Bogdanov (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Mercado de recursos secundários pouco desenvolvido	Wiesmeth e Starodubets (2020), Dorokhina e Kharchenko (2021), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021).
Concorrência entre recicladoras e operadores regionais	Wiesmeth e Starodubets (2020).
Falta de conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE	Wiesmeth e Starodubets (2020), Ratner *et al*. (2021).
Falta de sinergia e articulação entre as partes envolvidas	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).

Fonte: Autoria própria (2023)

Percebe-se que a baixa conscientização da população e das organizações ao descarte adequado dos resíduos tornam a redução da canalização de recicláveis aos aterros sanitários um dos grandes desafios do país.

A legislação sobre a gestão dos REEE está inserida em um arcabouço legal complexo que demonstra haver lacunas de atribuições de responsabilidades. Em adição, a ausência e a divergência de dados sobre os REEE contribuem para a escassez de estruturas necessárias para a coleta, triagem, armazenamento e reciclagem dos resíduos, pois os projetos são formatados com dados inconsistentes.

Observa-se que o governo e o mercado priorizam políticas e ações de reciclagem e descarte adequado dos recicláveis, mas não complementam na mesma medida com políticas e ações para a redução e reuso dos resíduos. No mercado, o setor produtivo não adere com a intensidade necessária aos sistemas *EPRs* e a projetos de *ecodesign*. Uma parcela considerável dos produtores e importadores optam por pagar as taxas ambientais ao governo pelo não cumprimento das metas da legislação *EPRs*, pois são mais baixas do que investimentos em projetos de reciclagem própria ou associada.

Assim, a falta de sinergia entre os *stakeholders* favorecem às distorções do mercado como a concorrência entre as recicladoras e os operadores regionais pelos resíduos sólidos urbanos, os fluxos desiguais de volumes de recicláveis entre os processadores de resíduos e o mercado pouco desenvolvido de recursos secundários.

De acordo com Wiesmeth e Starodubets (2020) as normativas e medidas adotadas pelo governo auxiliam o desvio de uma parcela dos resíduos dos aterros

sanitários para a reciclagem, porém não são suficientes para a desenvolvimento dos sistemas *EPRs* e para a transição de uma economia circular.

Maalouf *et al.* (2020) expõem que em sendo as indústrias os maiores geradores de resíduos (93,6%), como também dos REEE, se fazem necessário o incremento de políticas governamentais de gestão de resíduos voltadas ao setor industrial. Segundo os autores, atualmente, as medidas se concentram na gestão dos RSU, que representam 0,8% do total gerado de resíduos.

A Rússia precisa implementar medidas que aumentem sua capacidade de gerenciar os crescentes níveis de geração de resíduos, entre eles dos REEE. Como as organizações e os domicílios são as principais fontes geradoras de resíduos o país deve-se agir nesses dois segmentos, mas de forma integrada (WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

Nesse sentido, o governo federal tem o propósito de até 2030 desviar 80% dos resíduos sólidos urbanos dos aterros sanitários para usinas de reciclagem partindo dos atuais níveis de 10%. Para tal, prevê a instalação de 70 parques eco industriais em várias regiões do país (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; MARYEV; SMIRNOVA, 2021). Iniciado em 2019, o governo tem o propósito de implementar a infraestrutura necessária para resolver a escassez de instalações de processamento de resíduos, sobretudo dos mais complexos e perigosos, no qual se incluem determinados REEE (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MARKOVA; MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019). Esses aglomerados de empresas atuam de forma integrada e interdependente com instalações de triagem e reciclagem dos resíduos, que viabilizam a utilização de recursos secundários no processo produtivo. A implantação dos eco parques industriais formam a base para o desenvolvimento sustentável e de transição dos sistemas produtivos lineares para a economia circular no país (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MARYEV; SMIRNOVA, 2021). Porém, Wiesmeth e Starodubets (2020) observam que os eco parques somados a criação de centros regionais de processamento de RSU formarão grandes complexos de produção, que facilitarão a circularidade dos materiais, mas há de se planejar a incorporação das atividades de empresas de pequeno e médio porte já atuantes no setor de reciclagem.

Além de instalações apropriadas ao tratamento e reciclagem dos resíduos, recomenda-se a otimização dos processos inerentes e ações de qualificação ao corpo

técnico, administrativo e legislativo às premissas da economia circular, tanto nas organizações públicas quanto nas privadas (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; MARYEV; SMIRNOVA, 2021). Nesse contexto, as universidades podem atuar em programas de capacitação às organizações e à sociedade em geral (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022). Em complemento, a digitalização da economia russa aplicada à gestão dos resíduos impulsionará o uso de tecnologias *Iots* (*Internet of Things*) na coleta e tratamento dos resíduos, fornecendo maior rapidez e precisão de dados às atividades correlatas (MARKOVA, MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019; VASILENOK *et al.*, 2021).

Todavia, apesar de o país ter adotado medidas importantes como a maior reciclagem dos RSU, a proibição do envio de REEE entre outros recicláveis aos aterros sanitários e a introdução do princípio da adoção das melhores tecnologias possíveis (*BATs*), é fundamental investir em pesquisas e no desenvolvimento de áreas como o *design* de produtos, tecnologia digital e *marketing* (DOROKHINA; KHARCHENKO, 2021). Wiesmeth e Starodubets (2020) reforçam a necessidade de se investir na coleta segregada dos resíduos, com pontos de coleta de fácil acesso à população, dado o baixo nível de separação dos resíduos pela sociedade em geral. Esses autores sugerem a aplicação de benefícios econômicos como forma de incentivo e adesão, que podem por exemplo ser atribuídos em reduções nas taxas de coleta RSU.

Outrossim, a adoção clara da economia circular como estratégia nacional favorecerá a transformação econômica do país fundamentado nos princípios da redução, reuso e reciclagem dos resíduos em contraponto ao atual cenário centrado nos fluxos após o descarte dos resíduos (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; GUTMAN; TESLYA, 2020; MARYEV; SMIRNOVA, 2021).

Para esse fim, Wiesmeth e Starodubets (2020) argumentam ser pertinente realizar atualizações nas regulamentações vigentes, que corrijam distorções e preencham determinadas lacunas como as expostas a seguir.

Embora a Lei Nº 89 ser a linha central da gestão dos resíduos no país, há inúmeras outras regulamentações relacionadas ao tema que precisam ser integradas em um único plano nacional, que clarifique as responsabilidades das partes envolvidas aos objetivos propostos, segmentando e priorizando pela classificação de resíduos, como por exemplo das embalagens e dos REEE (WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

O marco regulatório para a gestão de resíduos precisa ser atualizado de forma a integrar as diretrizes nacionais ao setor industrial e ao RSU, alinhados aos objetivos do desenvolvimento sustentável. Com esse propósito, é fundamental aprimorar os sistemas de coleta de dados, base para a tomada de decisões legislativas e de investimentos (GUTMAN; TESLYA, 2020; MARKOVA; MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019, MARYEV; SMIRNOVA, 2021).

Por outro lado, Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021) destacam que em função dos altos custos de coleta e processamento dos resíduos, em especial dos REEE por suas especificidades complexas, assim como das receitas obtidas, é importante agregar o descarte dos domicílios e das organizações a fim de alcançar o fluxo de resíduos suficientes para o equilíbrio financeiro do processador. Além disso, as empresas envolvidas na prevenção e reuso dos RSU precisam ser incluídas nas políticas de apoio, investimentos e subsídios do governo e; que auxiliem na promoção da transição para sistemas circulares na gestão de resíduos (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Esses autores recomendam clarificar as normas de acesso aos investimentos e subsídios de governo ao setor de reciclagem, bem como simplificar o acesso a estes.

Com o mesmo propósito de integração, os planos regionais consoantes à legislação nacional devem buscar unificar os ciclos de reciclagem dos resíduos elencados à legislação *EPR*, como os REEE. Hoje, os resíduos gerados pelas organizações e domicílios podem seguir por dois ciclos, via operadores regionais ou por empresas de processamento de resíduos ligados aos sistemas *EPRs*, que na prática geram conflito de interesses e insuficiência de fluxos de resíduos às recicladoras associadas aos ciclos (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Em adição, Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020) e Gutman e Teslya (2020) propõem que os planos regionais sejam adequados às realidades de cada cidade, pois cada local mantém suas peculiaridades, o que pode facilitar a implementação dos planos regionais.

Em relação aos sistemas *EPRs*, estima-se que a implementação dos sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs*) devam aumentar o nível de utilização de recursos secundários nos ciclos produtivos (LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; VASILENOK *et al*., 2021). Porém, o próprio governo estuda uma reforma que consiga ampliar o desenvolvimento dos sistemas *EPRs*. Estão sendo estudadas pelo governo e negociadas com as partes envolvidas a revisão das metas

de reciclagem, a criação de um fundo nacional para reciclagem a ser operada pelo *REO*, exclusão da possibilidade de terceirização das atividades de reciclagem como forma de cumprimento da *EPR* e; investir em associações de empresas com funcionamento próximo às Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PROs)* adotadas por outros países, que poderiam se especializar nas atividades de coleta e processamento dos recicláveis de *EPRs* e praticar taxas com equilíbrio financeiro (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). No entanto, os autores argumentam que o valor das atuais taxas ambientais deve ser alargado, sobretudo de alguns resíduos prioritários como embalagens e REEE, forçando os produtores e importadores a desenvolverem sistemas de reciclagem próprios ou associados, bem como atuar na prevenção dos desperdícios.

De acordo com a vice-primeira-ministra Victoria Abramchenko, a tarefa do Estado é eliminar as áreas cinzentas e as lacunas legais que permitem evadir a responsabilidade pelo descarte de mercadorias e aplicar medidas que promovam a maior circulação de materiais reciclados no mercado. A proposta de reforma da regulamentação *EPRs* será discutida com todas as partes envolvidas no ano de 2022 e baseia-se no princípio do poluidor-pagador, no qual os custos de coleta, tratamento e descarte de resíduos devem ser cobertos pelo sistema de responsabilidade estendida ao produtor. O projeto de lei propõe a revisão das normas relacionadas a cobrança das taxas ambientais, pois da forma como colocada levou ao desinteresse dos produtores e importadores em assegurar a criação de infraestrutura para a coleta e processamento dos resíduos. Assim, o novo cálculo a ser estabelecido pelo governo, com aplicação a partir de 1º de janeiro de 2025, levará em conta as medidas de reciclagem tomadas pelos produtores/importadores, os volumes de resíduos reciclados e se os produtos são de fácil reciclagem e ambientalmente amigáveis. Além disso, propõe-se que a partir dessa data só poderão vender produtos no mercado interno, relacionados as normativas *EPRs*, as empresas que estiverem registradas junto as autoridades competentes e prestarem as informações requeridas (RUSSIAN GOVERNMENT, 2021).

Wiesmeth e Starodubets (2020) e Maryev e Smirnova (2021) salientam que as metas ao setor produtivo devem incluir o princípio da prevenção e redução da geração de resíduos, bem como estabelecer percentuais de utilização de recursos secundários nos ciclos produtivos e não só de reciclagem. Segundo Wiesmeth e Starodubets (2020), os modelos de negócios alinhados à economia circular como

oficinas de reparos, plataformas de compartilhamento, venda de produto como serviço e projetos de extensão da vida útil demonstram ter um potencial significativo de crescimento no país, contribuindo para a redução da geração de resíduos. Propõe-se que o governo inclua esses modelos de negócios na estratégia nacional de desenvolvimento da indústria até 2030.

Em complemento às medidas legislativas e estruturais empreendidas pelo governo e mercado é primordial realizar campanhas de informação, sensibilização e conscientização pública das organizações e da população, bem como fornecer educação ambiental às crianças ao descarte segregado dos resíduos e de outras medidas alinhadas ao princípio dos 3Rs da economia circular, de reduzir, reutilizar e reciclar (GUTMAN; TESLYA, 2020; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MARYEV; SMIRNOVA, 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

Heidemann e Bogdanov (2022) e Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019) enfatizam que há grandes oportunidades no mercado russo para projetos de investimento e de parcerias público privado na área de gestão de resíduos, que devem ser incentivados e articulados pelas esferas de governo. Esse mercado está em desenvolvimento e conta com aporte de capital público seja por meio de pagamento tarifário, linhas de financiamento e subsídios federais e regionais.

Em síntese, o Quadro 58 reúne as proposições abordadas pelos recentes estudos à melhoria da gestão dos REEE no Rússia.

Quadro 58 – Rússia: proposições à gestão dos REEE

Proposições	**Autores**
Conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE Educação ambiental nas escolas	Wiesmeth e Starodubets (2020), Gutman e Teslya (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Ampliação dos pontos de descarte em separado dos REEE	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Atualização do marco regulatório sobre a gestão de resíduos Revisão da taxa ambiental	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Maryev e Smirnova (2021), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021).
Aprimorar os processos e sistemas ao inventário nacional de resíduos Segregação e divulgação dos dados	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Gutman e Teslya (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021), Vasilenok *et al*. (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Política de subsídios e incentivos	Wiesmeth e Starodubets (2020), Maryev e Smirnova (2021).

Incluir o desempenho em inovações verdes e ecodesign	
Sistemas nacionais de reciclagem considerando as capacidades regionais e municipais	Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020).
Construção de infraestruturas regionais e locais para a logística reversa e reciclagem	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Maior envolvimento dos produtores/importadores de EEE nos sistemas *EPRs*	Wiesmeth e Starodubets (2020), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Adoção de sistemas produtivos mais limpos e design de produtos ecológicos	Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Dorokhina e Kharchenko (2021), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Soluções de TI na logística reversa e reciclagem dos REEE	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Dorokhina e Kharchenko (2021), Vasilenok *et al*. (2021).
Aumento da oferta e da demanda por produtos reciclados	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021), Vasilenok *et al.* (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Pesquisas interdisciplinares de análise da gestão dos resíduos locais, regionais e nacionais	Wiesmeth e Starodubets (2020), Dorokhina e Kharchenko (2021), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Capacitação continuada ao setor público e privado sobre a gestão de resíduos alinhada a economia circular	Wiesmeth e Starodubets (2020), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022).
Diálogo mais proeminente sobre REEE entre governo, mercado e sociedade, atuando com maior sinergia e parcerias na gestão desses resíduos	Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Gutman e Teslya (2020), Wiesmeth e Starodubets (2020), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Maryev e Smirnova (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022), Heidemann e Bogdanov (2022).

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota-se que as proposições à gestão de REEE entre outros na Rússia relacionam-se a todas as partes envolvidas na respectiva cadeia de valor, tanto ao governo, ao mercado e à sociedade. Verifica-se que são necessárias ações de conscientização da população ao descarte adequado, mas há de se ampliar os pontos de coleta segregada para o mais próximo possível da origem dos resíduos. Por outro lado, percebe-se a necessidade de atualização e integração das regulamentações vigentes, clarificando responsabilidades e objetivos fundamentados em sistemas de dados confiáveis. A visão sobre o mercado demonstra que é preciso maior comprometimento dos produtores/importadores na implementação e no aprimoramento dos sistemas *EPRs*, com a adoção de sistemas produtivos e produtos

mais ecológicos, com redução dos desperdícios. Desta forma, toda a cadeia de valor pode apresentar melhorias e recomenda-se o incentivo em mais pesquisas de análise e soluções tecnológicas, bem como de maior diálogo e sinergia entre os *stakeholders*.

Atualmente, o principal objetivo do governo é desviar resíduos dos aterros sanitários, aumentando a reciclagem (utilização) e introduzindo os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs*) (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Embora essas políticas componham os estágios iniciais de transição de sistemas produtivos lineares para o modelo de economia circular (PLASTININA *et al*., 2019; WIESMETH; STARODUBETS, 2020), pouco contribui para a prevenção e redução da geração per capita de resíduos (WIESMETH; STARODUBETS, 2020). Esses autores alegam que políticas e investimentos centrados na reciclagem de resíduos contam com o total apoio das esferas de governo russo, mas projetos de reuso e redução dos resíduos não detêm da mesma relevância, conduzindo o olhar do mercado e da sociedade somente para o pós-consumo.

Historicamente os países têm avançado por três fases de transição para a economia circular. Na fase inicial há o maior enfoque à gestão e reciclagem dos resíduos. Na sequência, passam a ter maior atenção do governo e do mercado a maximização dos recursos com base na ecoeficiência, sem gerar danos ao meio ambiente, e; na última fase é evidenciado os modelos de negócios sustentáveis e circulares (RATNER *et al*., 2021). A Rússia demonstra estar nos estágios iniciais de transição para a economia circular (IVANOVA; WU, 2022; PLASTININA *et al*., 2019; RATNER *et al*., 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020), avançando entre a primeira e segunda fase (RATNER *et al*., 2021).

Na Rússia, os conceitos e princípios da economia circular precisam ser reconhecidos em seu conjunto pelo governo, mercado e sociedade (IVANOVA; WU, 2022; RATNER *et al*., 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020), pois somente alguns elementos são empregados nas regulamentações sobre a gestão de resíduos, na implementação dos sistemas *EPRs* e no projeto de desenvolvimento industrial 2030, que priorizam o descarte adequado e a reciclagem de determinadas classes de resíduos, como REEE e embalagens (IVANOVA; WU, 2022; RATNER *et al*., 2021).

Gutman e Teslya (2020) concluem que para a Rússia evoluir do foco em reciclagem para uma rota de transição à economia circular é necessário a atualização do arcabouço legal, melhoria dos sistemas de dados e conscientização pública para o descarte adequado, mas também à redução da geração de resíduos. Esses autores

salientam que a eficácia da implementação de políticas que possibilitem a transição para a economia circular depende da articulação e sinergia entre as autoridades de governo, comunidade empresarial e população. Wiesmeth e Starodubets (2020) destacam que é preciso avaliar os passos dados e aperfeiçoar os sistemas *EPRs*, implementando a hierarquia de redução e gerenciamento de resíduos, base para estratégias de desenvolvimento da economia circular no país.

Em 14 de janeiro de 2022, a Vice Primeira-Ministra da Federação Russa Victoria Abramchenko divulgou o projeto federal para a transição para a economia circular, onde serão alocados 10 bilhões de rublos (155,9 milhões de dólares) em seis diretrizes prioritárias: (i) redução da geração de resíduos; (ii) ampliação da infraestrutura para a coleta e tratamento de resíduos; (iii) promoção do uso de recursos secundários; (iii) redução da circulação de embalagens não ecológicas; (iv) criação de um sistema de rastreamento da movimentação de resíduos e; (v) educação ambiental. Os órgãos federais responsáveis pela implantação do projeto serão os Ministérios dos Recursos Naturais e Meio Ambiente e o da Indústria e Comércio. De acordo com a Vice Primeira-Ministra os hábitos baseados na economia tradicional devem ser repensados para a transição à economia circular. Nesse sentido, é fundamental organizar o fluxo de retorno dos materiais às cadeias produtivas em capacidade máxima, reduzindo a canalização de resíduos recicláveis aos aterros sanitários. O objetivo do governo é de até 2030 alcançar a utilização de recursos secundários em 40% na construção civil, 50% na agricultura e 34% da indústria. A reciclagem dos REEE deve receber especial atenção pois é um dos resíduos que mais cresce no mundo em cerca de 3-4% a.a., porém é necessário aplicar tecnologias avançadas e criar capacidades para garantir o maior retorno de REEE às cadeias produtivas. Em 21 de abril, Victoria Abramchenko acrescentou que estão em andamento quatro programas para o reaproveitamento dos materiais secundários: na construção civil, na agricultura e dois na indústria sob a coordenação do Ministério da Indústria e Comércio que visam a gestão eficaz dos resíduos e uso de energias alternativas. Pelos programas é previsto a infraestrutura para instalação de oito parques tecno-ecológicos em Primorsky, Nizhny Novgorod, Krasnodar, Novosibirsk, Chelyabinsk, Stavropol, Leningrado e Moscou (RÚSSIA, 2022, *online*).

4.6 Síntese cruzada dos estudos de casos

Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul compõem o agrupamento diplomático BRICS formalizado em 2009. Segundo dados do World Bank (2022, *online*) referente ao ano de 2021, o BRICS representa cerca de 41,15% da população mundial, 30% do território global e 25,71% do PIB mundial neste ano. Individualmente, cada país do agrupamento contribui com aspectos relevantes ao fortalecimento do BRICS frente a governança global. A Tabela 8 – BRICS em dados apresenta determinados dados socioeconômicos de interesse a esse estudo.

Tabela 8 – BRICS em dados

	Brasil	**Rússia**	**Índia**	**China**	**África do Sul**
População - milhões (2021)	213,99	146,80	1.393,40	1.412,36	60,04
Área territorial (mil/km²)	8.515,34	17.125,20	3.287,25	9.600,01	1.219,09
Densidade demográfica - km² (2019)	25,3	8,9	459,61	152,7	48,3
PIB - US$ bilhões (2021)	1.608,98	1.775,79	3.173,39	17.734,06	419,94
PIB per capita – US$ (2021)	7.518,8	12.172,8	2.277,4	12.556,3	6.994,2
Geração de REEE – kt/ano (2019)	2.143	1.631	3.230	10.129	415,5
Geração per capita REEE – Kg/ano (2019)	10,2	11,3	2,4	7,2	7,1
Reciclagem de REEE	< 2% (2019)	2,5% (2019)	0,95% (2016)	15% (2019)	10 a 12% (2019)

Fontes: Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Baldé *et al*. (2021), De Albuquerque *et al*. (2020), Forti *et al*. (2020), Giese *et al*. (2021), Grant *et al.* (2019), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Maphosa e Maphosa (2020), Uhunamure *et al*. (2021), United Nations (2022), World Bank (2022)

A China e a Índia são os países mais populosos do mundo concentrando 18,55% e 18,28% da população mundial respectivamente, com altas densidades demográficas. Além disso, a China, seguindo uma tendência de alta, é a segunda maior economia do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, com um PIB de US$ 17.734,06 bilhões (2021). A Rússia tem a maior extensão territorial do globo com uma área de 17.125,20 mil/km² e importantes reservas de recursos naturais como petróleo, gás e carvão. O Brasil, de igual forma, possui recursos naturais abundantes em uma extensa área territorial com 8.515,34 mil/km², e é grande exportador mundial de

produtos derivados do agronegócio. A África do Sul, por sua vez, dado sua relevância regional, é uma importante parceira e porta de entrada ao comércio do continente africano, que registra os índices de maior crescimento populacional do mundo.

Em sua maioria, à exceção dos anos de pandemia Covid 19, esses países apresentam crescimentos anuais em seus PIBs per capita, refletindo no aumento do consumo médio individual, inclusive de produtos não essenciais como os Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE).

No mercado de eletroeletrônicos, o Brasil está entre os maiores produtores globais de EEE e internamente o setor representa cerca de 4,1% do PIB nacional (VALENTE *et al*., 2021). Porém, o país é o quinto maior gerador de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) do mundo, com alta geração de REEE per capita (10,2 kg/ano em 2019) (FORTI *et al.*, 2020).

A Rússia tem um expressivo polo produtor de EEE direcionado ao mercado nacional e à expansão no mercado regional (BALDÉ *et al.,* 2021). Com a segunda maior renda per capita do BRICS de US$ 12.172,80 (2019) é o maior gerador de REEE per capita do agrupamento com 11,3 Kg/ano por habitantes em 2019 (BALDÉ *et al.,* 2021; WORLD BANK DATA, 2022, online).

A Índia, impulsionada por políticas estratégicas nacionais como *Make in Índia* e *Digital Índia*, está emergindo rapidamente no mercado global de eletroeletrônicos, sendo responsável por 3,6% da produção global de EEE em 2019 e tornou-se o segundo maior produtor mundial de celulares (AGÊNCIA NACIONAL DE PROMOÇÃO E FACILITAÇÃO DE INVESTIMENTOS DA ÍNDIA, 2021, *online*).

Por outro lado, a China se destaca sob várias perspectivas no mercado global de EEE, sendo um dos maiores produtores mundiais de EEE e possui o maior mercado consumidor interno, mas também é o maior gerador de REEE do globo com cerca de 10.129 kt/ano (2019) (FORTI *et al.,* 2020). A China somada aos Estados Unidos e à Índia são responsáveis por cerca de 38% do volume global de geração de REEE (UNITED NATIONS, 2021, *online*). Em 2019, a Índia registrou uma geração de 3.230 kt/ano de REEE. No BRICS, o Brasil ocupa a terceira posição com uma geração de 2.143 kt/ano no mesmo ano (FORTI *et al*., 2020), demonstrando o potencial do país para a recuperação de materiais e expansão dos mercados secundários de recursos.

A África do Sul, um país de economia emergente, possui importantes reservas de recursos naturais (ouro, cobre e ferro) empregados na produção dos EEE e está

atraindo investimentos externos ao mercado de produção de EEE e de tratamento dos REEE (BORTHAKUR, 2020; FINLAY; LIECHTI, 2008; GHOSH et al., 2016). Entretanto, o país africano permite a importação de sucata eletrônica, o que compromete a qualidade dos volumes de REEE para a recuperação dos materiais (BIMIR, 2020; BOB et al., 2017).

Percebe-se, desta forma, a importância dos mercados de EEE e REEE aos países do agrupamento BRICS, cujas atividades geram renda a milhares de pessoas no mercado formal e informal.

Em adição, os volumes de REEE estão crescendo três vezes mais rápido do que a população mundial e é o fluxo de resíduos de maior crescimento atual (INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, 2020, online), desafiando os governos a implementarem políticas e ações que promovam a prevenção e redução da geração dos resíduos, a reintrodução dos materiais secundários nas cadeias produtivas, alinhados aos princípios da economia circular. Nesse sentido, governos nacionais, em menor ou maior grau, estão adotando políticas específicas para a gestão dos REEE somados a outros segmentos de resíduos designados prioritários.

Nos países do BRICS essas políticas são apresentadas por meio de legislação própria à gestão dos REEE ou são especificadas em regulamentações ambientais, de gestão de resíduos, bem como em políticas nacionais de transição para a economia circular.

4.6.1 Composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 1).

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente foi constituída em 1981 (BRASIL, 1981), mas o marco regulatório da gestão de resíduos foi instituído em 2010 com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei Nº 12.305). As premissas da PNRS estão centradas na qualidade ambiental e na saúde pública. A lei institui a responsabilidade compartilhada entre mercado, sociedade e governo no ciclo de vida dos produtos, promovendo a produção e consumo sustentável, com a priorização de medidas que objetivem prevenir, reduzir, reciclar e reutilizar os resíduos. Para tal, a PNRS prevê a inserção de políticas e ações que visem a educação ambiental das partes envolvidas. Além disso, a PNRS reconhece a atividade dos catadores de recicláveis no país (BRASIL, 2010).

Em específico, a PNRS incluiu a estruturação de redes de logística reversa aos REEE a ser implantada pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de EEE (BRASIL, 2010), cuja isonomia de responsabilidades entre esses agentes foi estabelecida em 2017 pelo Decreto Nº 9.177 (BRASIL, 2017). Em 2019 foi firmado o acordo setorial entre o Ministério do Meio Ambiente e representantes dos produtores e distribuidores de EEE para a implantação das redes de logística reversa dos REEE (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019), regulamentada em 2020 pelo Decreto Nº 10.240 (BRASIL, 2020).

Na Rússia, há um arcabouço legal que tratam das questões ambientais do país, mas a principal legislação para a gestão dos resíduos é a Lei Nº 89 sobre Resíduos de Produção e Consumo de 1981, com revisões em 2014, 2017 e 2021 (BALDÉ et al., 2021; RÚSSIA, 1998, 2014, 2017, 2021). O sistema de Responsabilidade Estendida ao Produtor foi instituído em 2014 e foram incluídas 11 categorias de REEE (BALDÉ et al., 2021; MARYEV; SMIRNOVA. 2021). Esse conjunto de regulamentações que englobam a Lei Nº 89 estão fundamentadas em princípios que norteiam o desenvolvimento sustentável do país, garantindo a saúde pública e a preservação e recuperação do meio ambiente. Com esse fim, visam conciliar interesses econômicos e ambientais, empregar as melhores tecnologias disponíveis, maximizando o uso de recursos, prevenindo e reduzindo os volumes de resíduos e sua periculosidade. Cabe ao governo informar e conscientizar a população acerca das políticas instituídas (RÚSSIA, 1998, 2014, 2017, 2021). Em 2014, a Lei Nª 219 priorizou o uso das melhores tecnologias disponíveis (*Best Available Technologies - BAT)* em atividades que possam gerar danos ambientais, como o descarte de resíduos. Em 2016, foi incluída a essa lei os processos de reciclagem e neutralização de REEE (BALDÉ et al., 2021; RÚSSIA, 2014).

Por outro lado, em 2015 o governo federal instaurou a taxa ambiental a ser cobrada dos produtores e importadores que não executarem a coleta e tratamento dos REEE em acordo com as metas estabelecidas, calculadas sobre o peso dos EEE inseridos no mercado russo no ano anterior (BALDÉ et al., 2021; BROOK, 2021, RÚSSIA, 2016). O montante arrecadado das taxas ambientais é destinado a investimentos regionais de gestão de resíduos (RÚSSIA, 2017). Em 2016, o governo federal iniciou o processo de proibição escalonada de descarte de resíduos recicláveis em aterros sanitários, que incluiu os REEE em 2017 a vigorar em 2022 (BALDÉ et al., 2021; MARYEV; SMIRNOVA. 2021). Em complemento, a Portaria Nº 3722 de 2020

definiu as metas de reciclagem de 11 grupos de REEE, reforçando a canalização desses resíduos aos respectivos produtores e importadores, sob os sistemas de responsabilidade estendida ao produtor (BALDÉ et al., 2021).

Na Índia, a Lei de Proteção Ambiental de 1986 iniciou as regulamentações sobre resíduos e poluição ambiental no país e em 1989 foi publicada a lei sobre gestão e manuseio de resíduos perigosos, que incluíram os REEE. Essa lei estabeleceu a classificação e regulamentou a gestão e o tratamento dos resíduos perigosos, sendo revisada em 2000, 2003, 2008 e 2010 (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; PATHAK et al., 2017).

Em adição, a Lei de Gestão e Manuseio dos REEE foi promulgada em 2010 e foi retificada em 2011 a fim de adequar as objeções e sugestões dos *stakeholders*. Essa lei regulou a gestão e manuseio dos REEE, definiu as responsabilidades das partes envolvidas, incluiu os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs*) e serviu de base para outras resoluções acerca de impostos e subsídios, bem como evidenciou a necessidade de campanhas de conscientização da sociedade sobre temas relacionados aos REEE (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; GHOSH et al., 2016; ÍNDIA, 2011; PATHAK et al., 2017). Essa lei foi revisada em 2016 e 2018. A revisão de 2016 atribuiu às empresas de varejo *online* as responsabilidades aos sistemas *EPRs*, incorporou as Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PRO*), impôs aos consumidores de EEE em grande escala o dever de relatar suas atividades anualmente e delegou aos governos estaduais a capacitação de trabalhadores para atividades inerentes à gestão dos REEE (MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2016). Em 2018, a revisão da lei alterou o escalonamento das metas de coleta e canalização de REEE às partes envolvidas nos sistemas EPRs e o governo passou a custear os testes de amostragem de redução de substância perigosas nos EEE, desde que não seja constatado infração (ARYA; KUMAR, 2020; 10 BORTHAKUR, 2020; ÍNDIA, 2018). Além disso, em 2016 a notificação G.S.R 338(E) passou a reconhecer a atividade de todos os trabalhadores envolvidos nos processos de coleta, segregação e reciclagem dos REEE (IINDIA, 2016a).

Na China, a estrutura legal que regulamenta a gestão dos REEE estão integradas em políticas nacionais mais amplas, detalhadas de forma específica em normas técnicas e administrativas (CHUNG; ZHANG, 2011; ZHOU; XU, 2012). Esses autores destacam três políticas nacionais que fundamentam todo o arcabouço legal

de normas e programas, alinhadas à estratégia nacional de desenvolvimento sustentável na transição à economia circular: (i) lei da prevenção e controle da poluição do meio ambiente por resíduos sólidos instaurada em 1995 e revisada em 2004, 2016 e 2020, que incorporou o princípio do poluidor-pagador e dos 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar), normatizou o *ecodesign,* incentivou a reciclagem multivariada e determinou a divulgação pública dos materiais contidos nos EEE; (ii) lei da promoção da produção mais limpa de 2002, com orientação ao *ecodesign* e substituição do uso de materiais perigosos à saúde humana e ao meio ambiente nos sistemas produtivos; (iii) lei de promoção da economia circular estabelecida em 2008, que incorpora o princípio dos 3Rs a toda a cadeia de valor da economia.

Através da legislação sobre a poluição ambiental por resíduos sólidos e suas revisões, a China restringiu de forma gradual a importação de resíduos sólidos a partir de 2013 até a sua total proibição em 2021 (GHOSH et al. 2016; THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2021, online; TRAN; GOTO; MATSUDA, 2021). A restrição de importação de REEE foi iniciada em 2000 e engloba uma lista de mais de 40 categorias de REEE como equipamentos médicos, de informática, televisores, refrigeradores de ar, entre outros (CHUNG; ZHANG, 2011). Em 2006, o governo federal emitiu a medida conhecida como China RoHS com o propósito de conter a poluição proveniente de importação, produção e comercialização de EEE, onde valoriza o *ecodesign,* limita o uso de substâncias perigosas e estabelece a certificação e validade ambiental dos EEE (CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH et al. 2016; ZHOU; XU, 2012).

A diretiva China WEEE foi promulgada em 2009 e vigorou a partir 2011, instituindo as diretrizes específicas à gestão dos REEE no país, no qual incorpora a Responsabilidade Estendida ao Produtor e atribui aos produtores e importadores de EEE uma taxação ao fundo nacional de subsídio à reciclagem dos REEE, com base em cada unidade de EEE produzido ou importado (CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH et al. 2016; HOU et al., 2020; LIU, 2014; ZENG et al., 2017; ZHOU; XU, 2012).

Na África do Sul, a gestão dos REEE é regulada por um conjunto de normas e regulamentações associadas à legislação nacional de gestão ambiental – resíduos, instituída em 2008, que por sua vez se relaciona à lei nacional de gestão ambiental de 1998 (BIMIR, 2020; BOB *et al.*, 2017; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; LEDWABA; SOSIBO, 2017). A Lei Nacional de Gestão Ambiental: Resíduos (Nº 59 – 2008) fundamentada nos princípios da Constituição do país dos direitos humanos e da

preservação do meio ambiente, regulamentou a gestão dos resíduos, inclusive dos REEE, em todas as esferas do país. Essa lei inclui o conceito de produção mais limpa e dos princípios da redução, recuperação, reciclagem e reutilização dos resíduos, além de adotar os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor (LEDWABA; SOSIBO, 2017; REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2008). Em adição, em 2009 foi promulgada a Lei de Bens Usados (Act, Nº 6), que normatiza as atividades de penhores e de reciclagem da África do Sul (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2009).

Em 2020, o governo federal regulamentou em específico os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor dos setores de EEE, iluminação, papel e embalagens através do Act Nº 1185 (2020). Essa regulamentação estabeleceu as normas e metas para a implementação dos sistemas *EPRs* desses setores, estimulando projetos alinhados à economia circular, à integração do setor informal, ou seja, dos catadores e recuperadores de resíduos informais e à lei de empoderamento econômico negro estabelecida em 2003 (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2020d). Em complemento, o governo federal expediu em 2021 a regulamentação de Nº 400, na qual detalha os deveres das Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PROs*), que são solidárias às responsabilidades dos produtores de EEE na gestão dos REEE e na integração do setor informal (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 2021). Além disso, em agosto de 2021 passou a vigorar a regulamentação Nº 636 (2013) que proíbe o descarte de REEE em aterros sanitários, entre outros resíduos priorizados, incumbindo os governos municipais da garantia da aplicação da lei (PIENAAR et al., 2020; SMOUT, 2021).

Em síntese, o Quadro 59 disposto resume as principais legislações de abrangência nacional relacionadas aos REEE instituídas nos países do agrupamento BRICS. Observa--se que esses países apresentam legislações com características semelhantes acerca da gestão dos resíduos e dos REEE, mesmo considerando a territorialidade, as peculiaridades de cada país. As temáticas envolvidas foram incorporadas ao longo tempo na medida da maturação política, motivados por questões internas ao país, influenciados por tratativas globais ou em espelhamento de políticas adotadas em outros países ou blocos.

Quadro 59 – BRICS: legislações nacionais à gestão dos REEE

	Ano	Regulamentação	Tópico relacionado aos REEE
Brasil	1993	Convenção de Basiléia	Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
	2010	Política nacional de resíduos sólidos	Inclui a responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos. Determina aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes em implantar redes de logística reversa aos REEE. Reconhece a atividade dos catadores de recicláveis.
	2017	Decreto	Estabelece a isonomia de obrigação da logística reversa das partes envolvidas.
	2019	Acordo setorial	Instaura o acordo setorial para a implementação da logística reversa REEE.
	2020	Decreto	Normatiza a implementação da logística reversa dos REEE. Define as metas de coleta e destinação de REEE.
Rússia	1990	Convenção de Basiléia	Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
	1998 (revisada em 2014, 2017, 2021)	Lei sobre resíduos de produção e consumo	Estabelece os requisitos para a coleta, tratamento, utilização e descarte dos resíduos de produção e consumo, que incluem os REEE. Institui o sistema de Responsabilidade Estendida ao Produtor.
	2014 (revisada em 2016, 2017)	Lei da aplicação das melhores tecnologias disponíveis (*BATs*)	Determina o uso das melhores tecnologias disponíveis (*Best Available Technologies - BAT*) na reciclagem e neutralização dos REEE, entre outros.
	2015 (revisada em 2016, 2017)	Resolução	Institui a taxa ambiental, as alíquotas e procedimentos de cobrança dos produtores e importadores de EEE.
	2020	Portaria	Define metas de reciclagem de 11 grupos de REEE.
	2021	Resolução	Estabelece a proibição do descarte de REEE em lixeiras públicas a partir de 2022.
Índia	1989 (revisada em 2000, 2003, 2008, 2010)	Lei de gestão e manuseio de resíduos perigosos	Define, classifica e regulamenta a gestão e o manuseio dos resíduos perigosos, que incluem os REEE.
	1990	Convenção de Basiléia	Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
	2010 (revisada em 2011, 2016, 2018)	Lei de gestão e manuseio de REEE	Normatiza a gestão e manuseio dos REEE. Restringe o uso de materiais perigosos na fabricação e importação de EEE. Incorpora os sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor e inclui metas de implantação. Institui as Organizações de Responsabilidade do Produtor como gestoras autorizadas de REEE. Reconhece todos os trabalhadores envolvidos nos processos de coleta, desmonte e reciclagem desses resíduos

China	1990	Convenção de Basiléia	Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
	1995 (revisada em 2004, 2016, 2020)	Lei de prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos	Institui o princípio do 3Rs e do poluidor-pagador no controle da poluição de resíduos sólidos. Normatiza o *ecodesign*, incentiva a reciclagem, restringe a importação de resíduos sólidos e determina a divulgação das substâncias utilizadas na fabricação dos EEE.
	2002	Lei da promoção da produção mais limpa	Orientação ao ecodesign, substituindo o uso de materiais perigosos nos processos produtivos por materiais de menor ou nenhuma periculosidade.
	2008	Política nacional de promoção da economia circular	Estabelece os princípios orientadores de redução, reutilização e reciclagem de resíduos em toda cadeia de valor da economia.
	2009	Diretiva China WEEE	Estabelece as diretrizes de gestão do REEE, institui a Responsabilidade Estendida ao Produtor e impute aos produtores e importadores de EEE uma taxação ao fundo nacional de reciclagem.
África do Sul	1993	Convenção de Basiléia	Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
	2008	Lei nacional de gestão ambiental: resíduos	Regulamenta a gestão de resíduos a nível nacional, inclusive dos REEE. Institui a Responsabilidade Estendida ao Produtor. Impute a todo indivíduo ou empresa a obrigação do descarte adequado de REEE.
	2009	Lei dos bens usados	Regula o mercado de bens de segunda mão, que inclui as atividades de penhores e de reciclagem.
	2020	Regulamentação setor de EEE	Fornece os fundamentos e metas para a implementação e controle dos sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor no setor de EEE, incentivando os projetos de economia circular e a integração dos catadores informais e recuperadores de resíduos.
	2021	Regulamentação sobre a *EPRs*	Detalha as obrigações das Organizações de Responsabilidade do Produtor,
	2021	Regulamentação sobre o descarte de REEE em aterros.	Proíbe a disposição final de REEE perigosos em aterros.

Fonte: Abalansa et al. (2021), Albrecht, Yarovoy e KarginovaGubinova (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Baldé et al. (2021), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Basel Convention (2022), Bob et al. (2017), Borthakur (2020), Brasil (1981, 2010, 2017, 2020), Brook (2021), Chung e Zhang (2011), Era E-Waste Indwmp (2018), Forti et al. (2020), Ghosh et al. (2016), Gutman e Teslya (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020), India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Ledwaba e Sosibo (2017), Maryev e Smirnova (2021), Ministério do Ambiente do Brasil (2019), Pathak et al. (2017), Pienaar et al. (2020), Republic of South Africa (1993, 1996, 1998, 2000, 2008, 2009a, 2009b, 2020c, 2020d, 2021, 2022), Rússia (1998, 2014, 2015, 2016, 2017, 2020, 2021), Smout (2021), Statistics South Africa (2019), The State Council of The People's Republic of China (2021), Tran, Goto e Matsuda (2021), Wiesmeth e Starodubets (2020), Zhou e Xu (2012) e Zhu et al. (2018)

Verifica-se que todos os países do BRICS se tornaram signatários da Convenção de Basiléia sobre o controle do movimento transfronteiriço de resíduos perigosos e seu depósito entre os anos de 1990 e 1993, que tem relação direta à gestão dos REEE, pois esses podem conter materiais perigosos.

Na Índia, a lei de gestão e manuseio de resíduos perigosos foi instaurada em 1989, incluindo os REEE, mas em 2010 o governo publicou de forma específica a lei de gestão e manuseio de REEE.

A Rússia publicou em 1998 a lei sobre resíduos de produção e consumo, que incluíram os REEE. Essa lei foi revisada posteriormente e complementada por outras regulamentações que detalharam itens da gestão dos REEE.

A África do Sul instaurou em 2008 a lei nacional de gestão ambiental: resíduos, que incluíram os REEE, mas em 2020 o governo expediu regulamentação específica à gestão dos REEE.

No Brasil, a política nacional de resíduos sólidos foi instituída em 2010 e fez menção aos REEE. Em complemento, em 2019 foi assinado o acordo setorial, ratificado por decreto do governo federal em 2020.

Por outro lado, a China instituiu a lei de prevenção e controle da poluição ambiental por resíduos sólidos em 1995, a lei da promoção da produção mais limpa em 2002 e a política nacional de promoção da economia circular em 2008, que incluíram em seus textos os REEE. No entanto, em 2009, a China particularizou a gestão dos REEE na Diretiva China WEEE.

Nessas regulamentações são temas comuns a maioria dos países do BRICS: sistema de responsabilidades pela gestão dos REEE, metas de implantação dos modelos propostos e de reciclagem e a integração de setor informal.

O sistema de Responsabilidade Estendida ao Produtor (*EPRs*) é adotado pela China, Rússia, Índia e África do Sul. O Brasil é o único país do agrupamento que adota o sistema de Responsabilidade Compartilhada (RC) pela gestão dos REEE, mas se assemelha à prática dos *EPRs*, pois nesses países os consumidores também são responsabilizados pelo descarte adequado dos REEE, inclusive sujeito a penalidades, como é o caso da Rússia, que multa o cidadão pelo descumprimento da lei.

Nos modelos *EPRs* do BRICS a Índia e a África do Sul inseriram a função das Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PRO*) como gestoras de REEE em nome de produtores/importadores associados. No Brasil esta função foi incluída sob

a forma de entidades gestoras de REEE e na Rússia pode ser delegada sob contrato aos operadores regionais de gestão de resíduos.

Além disso, todas as legislações nacionais dos países do BRICS para a gestão dos REEE atribuem metas de implementação e de reciclagem, com incrementos anuais. Em adição, a China e a Rússia cobram uma taxa dos produtores e importadores com base no total de produtos colocados no mercado interno, cujos recursos são destinados ao fundo nacional de apoio à reciclagem dos REEE.

Sob a perspectiva social do mercado de REEE, considerando as realidades de cada país, as regulamentações de gestão dos REEE do Brasil, Índia e África do Sul reconhecem a atividade de todos os trabalhadores envolvidos nas atividades de coleta, desmontagem e reciclagem desses resíduos, formal e informal. Brasil e África do Sul fazem menção específica aos catadores de recicláveis em suas legislações. A China também apresenta um mercado informal de coleta e reciclagem de resíduos, mas atua intensamente na legalização das atividades.

Recentemente, os países estão proibindo a importação total de REEE como é o caso da China e restringindo o descarte dos REEE em aterros sanitários como é o caso da África do Sul e da Rússia.

Desta forma, verifica-se que os países em um primeiro estágio instituíram legislações sobre a gestão de resíduos de forma ampla, elencando resíduos priorizados como os REEE, cuja gestão foi detalhada em revisões complementares à lei ou em regulamentações próprias. Nessas regulamentações a garantia da saúde pública e da preservação do meio ambiente tornaram-se presentes ao longo do tempo, conforme recomendado por Sen (2010). A China, por sua vez, institucionalizou como estratégia nacional a transição para a economia circular, na qual a reciclagem dos REEE e a reintrodução dos materiais secundários nas cadeias produtivas são fundamentais ao êxito da implantação das políticas correlatas. Contudo, percebe-se que os demais países do agrupamento BRICS avançam em políticas e ações que contemplem os sistemas circulares. O Brasil, Rússia e África do Sul contém em suas legislações sobre a gestão de resíduos referências a princípios e conceitos empregados pela economia circular.

A seguir o Quadro 60 sintetiza as principais funções das estruturas oficiais por nível de abrangência e instrumentos utilizados para a gestão dos resíduos sólidos relacionados aos REEE nos países do BRICS.

Quadro 60 – BRICS: estruturas e instrumentos oficiais de gestão dos REEE

Âmbito	Estruturas oficiais	Funções
Brasil		
Nacional	Ministério do Meio Ambiente	Formatar e implantar políticas públicas ambientais nacionais, articulando e pactuando com as partes envolvidas. Promover ações de conscientização da sociedade.
	Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Renováveis	Conceder licenciamento ambiental às atividades de reciclagem. Regular o transporte interestadual de EEE e seus resíduos.
	Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa	Orientar a implementação, analisar a viabilidade técnica e econômica, os impactos sociais e ambientais dos sistemas para a logística reversa.
	Grupo de Acompanhamento de Performance	Acompanhar a implementação, operacionalização e gestão dos sistemas de logística reversa dos EEE.
Regional	Órgãos Seccionais	Controlar, fiscalizar e implementar programas relacionados ao meio ambiente.
Local	Órgãos municipais	Controlar e fiscalizar atividades relacionadas ao meio ambiente. Promover ações de conscientização da sociedade.
Instrumentos de gestão	Plano nacional, estadual, microregional, municipal de resíduos sólidos. Agenda nacional de qualidade ambiental urbana. Acordo setorial de logística reversa para os REEE. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO). Norma técnica sobre REEE. NBR 16.156.	
Rússia		
Nacional	Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente	Desenvolver e implementar políticas e regulamentações nacionais de gestão de resíduos, que englobam os REEE.
	Ministério da Indústria e Comércio	Estruturar e desenvolver a indústria nacional para o processamento, utilização e neutralização de resíduos de produção e consumo. Licenciar produtos para a importação/exportação de REEE.
	Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais	Controlar e monitorar a implementação das políticas e regulamentações nacionais de gestão de resíduos pelas partes envolvidas.
	Operador Ambiental Russo	Implementar a regulamentação sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Estruturar sistemas de utilização dos resíduos sólidos urbanos como fonte de materiais secundários e de energia.
Regional	Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais Regionais	Controlar e monitorar a implementação dos planos regionais de gestão de resíduos.
Local	Órgãos municipais	Estabelecer e manter locais para o armazenamento dos resíduos sólidos urbanos conforme o plano de gestão de resíduos regional. Atuar na conscientização da sociedade.
Instrumentos de gestão	Plano nacional, regional e municipal de gestão de resíduos. Norma técnica sobre REEE. Estratégia de desenvolvimento da indústria para o período até 2030. Sistema nacional de dados, informações e serviços relativos á gestão de resíduos (Rosprirodnadzor).	
Índia		

Nacional	Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas	Formatar e implantar políticas públicas ambientais nacionais, articulando e pactuando com as partes envolvidas. Regulamentar as atividades e instalações de manuseio e tratamento dos REEE. Atuar na conscientização da sociedade.
	Conselho Central de Controle de Poluição	Conceder autorização de gestão de REEE aos produtores e às organizações gestoras da responsabilidade estendida ao produtor. Estabelecer diretrizes para a implementação da regulamentação da gestão dos REEE.
Regional	Governos Estaduais	Implementar planos estaduais de gerenciamento dos REEE ambientalmente seguros.
	Conselhos Estaduais de Controle de Poluição	Conceder autorização de funcionamento dos centros de coleta, desmontadores, recondicionadores e recicladores. Monitorar a implementação da regulamentação da gestão dos REEE, bem como as instalações dessa cadeia de valor.
Local	Governos dos Municípios	Atuar na conscientização da sociedade.
Instrumentos de gestão	Diretrizes sobre a Implementação de regras (gerenciamento) do resíduo eletroeletrônico. Planos de responsabilidade estendida ao produtor. Planos estaduais de gestão de REEE.	
China		
Nacional	Conselho de Estado	Estabelecer as regras gerais, regulamentos, planos e programas
	Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma	Detalhar as regulações e sua evoluções. Planejar o desenvolvimento industrial e recomendar inovações tecnológicas necessárias. Coordenar a implementação e avaliação de programas piloto de reciclagem nas cidades, mineração urbana, eco parques industriais e de educação relativas ao tema. Regular o fundo nacional de reciclagem.
	Ministério da Industria e Tecnologia da Informação	Regulação da responsabilidade estendida ao produtor. Promover a utilização de tecnologias de reaproveitamento de resíduos e de recursos com máxima eficiência e menor impacto ambiental. Coordenar a implementação e avaliação de programas piloto de reaproveitamento de resíduos, industrialização, tecnologia prioritárias e da responsabilidade estendida ao produtor. Regular o uso de substâncias perigosas nos EEE. Promover a aplicação do *ecodesign*, do princípio dos 3Rs e da divulgação das informações dos EEE. Certificação ambiental às empresas de reciclagem
	Ministério da Proteção Ambiental da China	Padronizar os sistemas de produção mais limpa, proteção ambiental e dos eco parques industriais. Promover o *ecodesign*, a produção mais limpa e do princípio dos 3Rs. Determinar quais resíduos sólidos podem ser usados como matérias-primas e definir se a sua importação é proibida, restrita ou de licenciamento automático. Regulamentar as atividades e instalações de manuseio e tratamento dos REEE. Regular os critérios de análise para a aplicação dos subsídios do fundo nacional de reciclagem.
	Ministério da Ciência e Tecnologia	Estabelecer e implementar plano de apoio às tecnologias de economia circular. Promover o ecodesign, o princípio dos 3Rs e sistemas de reciclagem multivariado.
	Ministério do Comércio	Estimular a inovação tecnológica sustentável dos sistemas de reciclagem de recursos renováveis. Certificação de qualidade às empresas de reciclagem.
	Ministério das Finanças	Gerir a política fiscal. Administração geral do fundo nacional de reciclagem.

Regional	Governos e Órgãos Provinciais	Implementação das políticas nacionais. Fiscalização e licenciamento ambiental das instalações de manuseio e tratamento dos REEE.
Local	Governos e Órgãos Municipais	Implementação das políticas nacionais. Fiscalização e licenciamento ambiental das instalações de manuseio e tratamento dos REEE. Atuar na conscientização da sociedade.
Instrumentos de gestão	Medidas de gestão para a prevenção da poluição ambiental e para qualificação de instalações de tratamento de REEE. Regulamento para a administração da recuperação e eliminação de REEE. Plano de implantação de proibição de entrada de resíduo estrangeiro.	
África do Sul		
Nacional	Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente	Liderar a gestão ambiental. Gerenciar e garantir que as políticas nacionais de gestão de resíduos sejam implementadas e em conformidade aos planos, sistemas e padronizações. Gerir os planos de gestão de resíduos das indústrias.
	Departamento de Comércio, Indústria e Concorrência	Estabelecer com o Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente quais produtos ou categorias de produtos devem ser enquadrados na regulamentação de responsabilidade estendida ao produtor.
	Departamento da Ciência e Inovação	Implementar o roteiro de desenvolvimento e inovação da pesquisa de resíduos 2015-2025.
	Conselho de Pesquisa Científica e Industrial	Impulsionar o desenvolvimento do capital humano, pesquisas e desenvolvimento e inovação na área de resíduos.
Regional	Governos das Províncias	Formatar e implementar planos integrados de gestão de resíduos a nível regional alinhados às legislações nacionais. Garantir a aplicação das leis nacionais.
Local	Governo dos Municípios	Formatar e implementar planos integrados de gestão de resíduos a nível local alinhados às legislações regionais e nacionais. Gerenciamento executivo de planos integrados de gestão de resíduos a nível municipal. Atuar na conscientização da sociedade.
Instrumentos de gestão	Planos de gestão de REEE das indústrias. Roteiro de desenvolvimento e inovação da pesquisa de resíduos. Planos integrados de gestão de resíduos provinciais e municipais.	

Fonte: Abalansa *et al*. (2021), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021), Baldé *et al*. (2021), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Bob *et al*. (2017), Brasil (1981, 2010a, 2010b, 2020), Chung e Zhang (2011), Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente da África do Sul (2022), Departamento da Ciência e Inovação da África do Sul (2022), Departamento de Comércio, Indústria e Concorrência da África do Sul (2022), Era E-Waste Indwmp (2018), Forti *et al*. (2020), Ghosh *et al*. (2016), Heidemann e Bogdanov (2020), India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Liu (2014), Ministério do Meio Ambiente do Brasil (2019, 2021), Organization for Economic Co-Operation and Development (2006), Pathak *et al*. (2017), Borthakur (2020), Ratner *et al*. (2021), Rosprirodnadzor (2022), Republic of South Africa (1998, 2000, 2008, 2017), Rússia (1998, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022), Russian Environmental Operator (2022), The State Council of The People's Republic of China (2021), Tran, Goto e Matsuda (2021), Zhou e Xu (2012) e Zhu et al. (2018)

Constata-se nos países do BRICS que a estruturação de políticas públicas de gestão de resíduos, inclusos os REEE, são formatadas no primeiro escalão dos governos federais. No Brasil essa função é exercida pelo Ministério do Meio Ambiente, na Rússia pelo Ministério dos Recursos Naturais e Meio Ambiente, na Índia pelo Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas e na África do Sul pelo Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente. Na China, o Conselho de Estado estabelece as diretrizes gerais, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma detalha as regras gerais e o Ministério da Proteção Ambiental da China regulamenta as atividades envolvidas na gestão do REEE alinhadas à estratégia nacional de transição para a economia circular

Na Rússia o Ministério da Indústria e Comércio e na China o Ministério da Industria e Tecnologia da Informação participam ativamente na estruturação da indústria nacional para a maximização dos recursos e o reaproveitamento dos resíduos nas cadeias produtivas pela reciclagem e reutilização dos materiais, que incluem os REEE. Na China o Ministério das Finanças também atua na gestão dos REEE administrando o fundo nacional de reciclagem de REEE.

Observa-se que na China e na África do Sul o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Departamento da Ciência e Inovação respectivamente são incumbidos de fomentar o desenvolvimento de tecnologias fundamentados nos princípios dos sistemas circulares, com especial atenção à projetos de ecodesign e processos de reciclagem. Em adição, a África do Sul envolve o Conselho de Pesquisa Científica e Industrial na função de formar capital humano e promover pesquisas relacionadas à cadeia de valor dos resíduos, incluídos os REEE.

A função de monitorar a implantação dos sistemas de Responsabilidade Estendida ao Produtor dos REEE é executada na Índia e na Rússia por órgãos vinculados ao primeiro escalão da gestão ambiental do país, que são na sequência o Conselho Central de Controle de Poluição e o Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais. Em ambos os casos, essas agências de governo contam com escritórios regionais.

Na África do Sul, o Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente em conjunto com os governos das províncias são responsáveis por gerir a gestão de resíduos no país e garantir a implementação das respectivas políticas nacionais, que incluem os REEE. No Brasil, o Grupo de Acompanhamento de Performance formado por representantes dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e da

entidade gestora dos REEE é quem deve acompanhar a implantação da logística reversa dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos, articulando-se com o Ministério do Meio Ambiente e o Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), como também com as autoridades ambientais estaduais e municipais. Na China, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma coordena e monitora a implementação dos projetos piloto e dos programas em questão junto aos Ministérios envolvidos e às gestões das províncias e das cidades.

O licenciamento das atividades de reciclagem no Brasil é concedido pelo IBAMA e cabe aos órgãos seccionais e municipais fiscalizar as instalações e processos quanto às questões ambientais; ao passo que na China, os órgãos provinciais e municipais são responsáveis pelo licenciamento ambiental das instalações de manuseio e tratamento dos REEE e de sua fiscalização. Na Índia o Conselho Central de Controle de Poluição é quem tem a atribuição de licenciar e fiscalizar a gestão dos REEE aos produtores e às Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PROs*), enquanto os Conselhos Estaduais de Controle de Poluição concedem a licença de funcionamento e fiscalizam os centros de coleta, desmontadores, recondicionadores e recicladores.

Na África do Sul, por sua vez, o licenciamento e fiscalização das atividades de gestão dos resíduos é de responsabilidade do Ministro do Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente, porém este pode delegar à outra autoridade federal desde que publicado no Diário do Governo. Na Rússia, o licenciamento das atividades de gestão de resíduos é de responsabilidade da agência estatal de Serviço Federal de Supervisão de Recursos Naturais e de seus escritórios regionais.

As ações de conscientização da sociedade em temas relacionados à gestão dos REEE são de incumbência dos produtores/importadores em todos os países do BRICS em paralelo à programas de governo correlatos. Na China, Rússia e África do Sul as administrações municipais são as esferas de governo encarregadas de promover a conscientização da sociedade. Na Índia essa função cabe ao Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas e aos governos dos municípios e no Brasil é atribuído aos órgãos públicos das esferas de governo federal, estadual e municipal envolvidos na gestão dos resíduos e dos REEE.

Para implementar as políticas públicas relacionadas à gestão dos REEE, que por vezes estão incluídas na gestão de resíduos de forma ampla, os países do BRICS utilizam determinados instrumentos de gestão. O Brasil e a Rússia empregam uma

sequência de planos de gestão de resíduos sólidos à nível nacional, estadual/provincial e municipal, cujos dados são reunidos em um sistema nacional de informações de gestão de resíduos, o SINIR e o Rosprirodnadzor respectivamente. A África do Sul foca nos planos provinciais e municipais de gestão de resíduos.

A gestão dos REEE no Brasil se fundamenta no estabelecido do Acordo setorial de logística reversa para os REEE, regulamentado por decreto do governo federal, no qual atribuem ao mercado a implantação dos sistemas de logística reversa dos REEE. O Brasil e a Rússia destacam o alinhamento à norma técnica específica de REEE. Por outro lado, verifica-se na Rússia, Índia, China e África do Sul, que instituíram o sistema de Responsabilidade Estendida ao Produtor a incorporação da gestão dos REEE em planos de desenvolvimento da indústria nacional, com ênfase na prevenção, reciclagem e descarte adequado dos REEE.

Em suma, verifica-se que as políticas públicas de gestão dos resíduos, como também em específico dos REEE são em todos os países do BRICS demandadas a partir dos primeiros escalões dos governos nacionais, geralmente centralizados no órgão máximo de gestão ambiental estruturados em ministérios e departamentos. Mas, a delegação das atividades de gestão ocorre de formas variadas entre as esferas de governo de cada país, induzida por suas realidades políticas. No Brasil, por exemplo, a gestão dos REEE é um dos eixos de atuação dos Ministério do Meio Ambiente, enquanto nas estruturas e instrumentos oficiais estaduais e municipais a questão dos REEE está em sua maioria integrado a gestão de resíduos sólidos.

De outra parte, a Rússia instituiu a figura do Operador Ambiental Russo, que assessora a implementação dos planos regionais de gestão de resíduos, que incluem os REEE na construção dos eco parques industriais para a circularidade dos materiais. Na Índia o Conselho Central e Estadual de Controle da Poluição administra os planos de Responsabilidade Estendida ao Produtor das empresas envolvidas na gestão dos REEE. Na China o Conselho de Estado atribui responsabilidades aos Ministérios e aos órgãos provinciais e locais, coordenando suas ações com medidas específicas à gestão de toda a cadeia de valor dos REEE. Na estrutura sul-africana o núcleo central da gestão de resíduos e dos REEE é o Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente que articula com outros departamentos, esferas de governo e produtores de EEE na gestão dos resíduos e dos REEE.

Contudo, percebe-se que à medida que o país se aproxima dos ideais de transição para a economia circular como estabelecido por Macarthur (2020, *online*),

outros órgãos de primeiro escalão são incorporados a atuar na gestão dos resíduos e dos REEE, estabelecendo instrumentos específicos de gestão aos REEE dada sua relevância na geração crescente de resíduos, mas também como oportunidades de reutilização e reciclagem de resíduos, transformando-os em materiais secundários que possam ser reintroduzidos nas cadeias produtivas, contribuindo para a saúde pública e preservação do meio ambiente, além de promover a criação de novos postos de geração de renda.

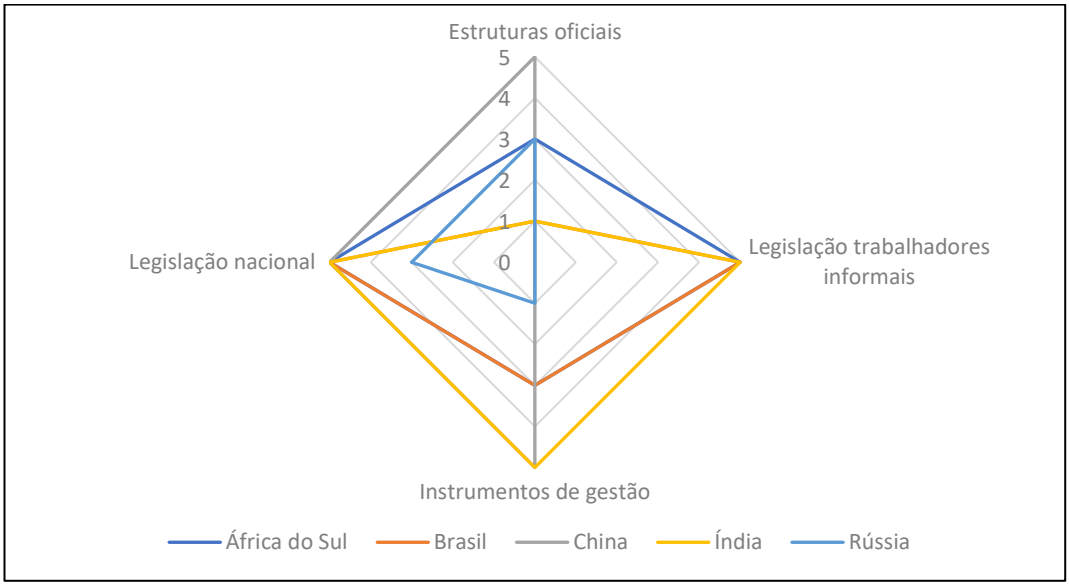
Nesse contexto a China, África do Sul e Rússia, que possuem alinhamentos de políticas públicas de gestão de resíduos e de REEE aos princípios da economia circular, incorporaram os ministérios da indústria, do comércio e do desenvolvimento de tecnologias em funções de gestão dos resíduos em sistemas circulares.

Por outro lado, nota-se que políticas de informação, sensibilização e conscientização da sociedade em temas específicos à gestão dos REEE se apresentam nos países do BRICS como iniciais e dispersos em ações nacionais e enfatizados em determinadas cidades desses países, sobretudo em suas metrópoles.

Sintetizando essa análise dos dados, a Figura 42 - Categorias de análise: composições legais e institucionais à gestão dos REEE nos BRICS demonstra o posicionamento dos países do BRICS nas quatro categorias de análise de conteúdo relacionados à gestão dos REEE elegidos e detalhados no Quadro 27 da seção 3.3 a saber: legislação nacional, estruturas oficiais, legislação trabalhadores informais e instrumentos de gestão,

Figura 42 - Categorias de análise: composições legais e institucionais à gestão dos REEE nos BRICS

Categorias de análise	Legislação nacional	Estruturas oficiais	Legislação trabalhadores informais	Instrumentos de gestão
África do Sul	5	3	5	3
Brasil	5	1	5	3
China	5	5	0	5
Índia	5	1	5	5
Rússia	3	3	0	1



Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se que os países do BRICS apresentam legislações específicas à gestão dos REEE em nível nacional, com exceção da Rússia que inclui a questão na regulamentação sobre resíduos de produção e consumo. Nota-se que quanto às estruturas oficiais a China demonstra ter mais órgãos de governo envolvidos e alinhados à estratégia nacional de promoção da economia circular, no qual os REEE são priorizados entre outros. Nessa linha, a Rússia articula ações entre os ministérios do meio ambiente e da indústria e comércio a fim de promover a maximização dos recursos e a redução e reciclagem dos resíduos e; a África do Sul agrega também órgãos para o desenvolvimento do capital humano e inovações. O reconhecimento e integração dos trabalhadores informais estão presentes nas legislações da África do Sul, Brasil e Índia, enquanto a Rússia e China não fazem menção ao setor informal em suas regulamentações sobre resíduos. Em relação aos instrumentos de gestão dos REEE observa-se que a China e a Índia possuem planos regionais/locais de

gestão de REEE, ao passo que a África do Sul e Brasil possuem instrumentos de monitoração nacional. Na Rússia identificou-se planos nacionais e regionais de resíduos sólidos, sem especificação direta aos REEE.

Percebe-se, portanto, que os países do BRICS estão avançando em legislações específicas à gestão dos REEE e integrando outras instituições oficiais, para além da gestão dos resíduos sólidos e sua centralização no órgão máximo do governo responsável pelo meio ambiente. Contudo, questões sociais que envolvem a cadeia de valor dos REEE como o reconhecimento e integração dos catadores e recicladores informais são abordados pela África do Sul, Brasil e Índia, ainda que em estágios iniciais e em projetos em desenvolvimento. Cabe ressaltar que a China, embora não legisle sobre o setor informal reforça ações de fiscalização para a formalização das atividades.

Conclui-se que o Estado, em todas as esferas de governo, tem papel fundamental na gestão dos resíduos, bem como dos REEE para além das regulamentações cabíveis, articulando e conscientizando as partes envolvidas, coordenando planos de gestão de resíduos e empreendendo no desenvolvimento de tecnologias tecno sociais, conforme preconiza Mazzucato (2011, 2015), alinhadas aos conceitos e princípios da economia circular.

4.6.2 Função dos diferentes atores nos processos inerentes aos REEE no âmbito dos países do BRICS (Objetivo específico 2).

A cadeia de valor que envolve os REEE nos países do BRICS encontra-se em fases de estruturação e adequação das partes envolvidas de acordo com a realidade de cada país. Contudo, o aumento exponencial da geração dos REEE e a escassez de recursos pressionam os atores envolvidos por ações que reduzam os danos ao meio ambiente e à saúde pública, bem como possibilitem a reintrodução dos materiais secundários nas cadeias produtivas.

Em todos os países do BRICS há leis sobre a gestão dos REEE de forma específica ou detalhada em legislações mais amplas de gestão de resíduos. Essas regulamentações demonstram serem fundamentais para orientação aos atores envolvidos, estabelecendo suas responsabilidades e os objetivos do país no setor.

No Brasil, estima-se haver cerca de 800 mil catadores de recicláveis (MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS, 2021, *online)*, 272

organizações e 46 cooperativas de catadores envolvidas em atividades de reciclagem de REEE (CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL, 2021, *online*; GIESE *et al.*, 2021). Na Rússia, estudos mapeiam 80 recicladoras formais de REEE instaladas no país (BALDÉ *et al.,* 2021; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021), porém o governo pretende até 2030 implantar 70 ecos parques industriais com 216 instalações de tratamento, reciclagem e neutralização de resíduos (ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; RÚSSIA, 2018). Na Índia, em 2021, o Conselho Central de Controle da Poluição divulgou haver 407 organizações de coleta e reciclagem de REEE em atividade no país (DUTTA; GOEL, 2021), gerando mais de 450 mil empregos diretos e 180 mil indiretos (ABALANSA *et al.*, 2021). Na China, dados de 2015 indicavam a atividade de 109 recicladoras formais de REEE (GUO *et al.,* 2017). Em 2021, dados oficiais apontavam para 90 mil estabelecimentos formais de reciclagem de resíduos e estima-se outros 300 mil não registradas (LI; LU, 2021), gerando renda a cerca de 18 milhões de pessoas (STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018). Na África do Sul, há 25 recicladoras de médio e pequeno porte e sete recicladoras de REEE de grande porte, que empregam respectivamente em torno de 5-25 e 100 trabalhadores em cada planta (ERA E-WASTE INDWMP, 2018; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017). Além dessas, calcula-se que há mais de 600 pontos de coleta e de recompra no país (ERA E-WASTE INDWMP, 2018) e; haver cerca de 90 mil catadores de recicláveis atuando informalmente no país (BIMIR, 2020; COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH, 2016; ERA E-WASTE INDWMP, 2018; GODFREY; STRYDOM; PHUKUBYE, 2016; PIENAAR *et al.,* 2020; SOUTH AFRICAN WASTE PICKERS ASSOCIATION, 2022, *online*).

O Quadro 61 – BRICS: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE apresenta de forma comparativa as funções dos atores identificados nos estudos de casos do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul e o Quadro 62– BRICS: cadeia de valor dos REEE sintetiza o mapeamento dos atores nas principais fases da cadeia de valor dos REEE dos BRICS.

Quadro 61 – BRICS: atores envolvidos nos sistemas de gestão dos REEE

Atores	Funções comuns entre os BRICS	Particularidades entre os BRICS		
Governo				
Governo nacional	Instituir leis, regulamentos e diretrizes específicas aos processos e agentes envolvidos na gestão dos REEE. Monitorar a implementação das políticas nacionais de REEE, em especial dos sistemas de responsabilidade de logística reversa. Controlar e fiscalizar o transporte de REEE interno e externo ao país.	Rússia	Viabilizar a implantação de eco parques industriais, dos operadores regionais e da aplicação das melhores tecnologias disponíveis na utilização dos REEE.	
		Índia	Promover o desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem, a conscientização e capacitação das partes envolvidas e a integração do setor informal ao formal.	
		China	Implementar projetos piloto de empresas recicladoras. Regular e administrar o fundo nacional de reciclagem.	
Governo dos estados/ províncias	Implementar planos regionais de gestão de resíduos sólidos.	Rússia	Estabelecer planos regionais de geração e gestão de REEE vinculados às políticas nacionais de gestão de REEE.	Controlar o exercício das atividades dos operadores regionais.
		Índia		Auxiliar a associação de trabalhadores atuantes nos processos de separação e desmontagem de REEE e criar espaços para a capacitação desses trabalhadores.
		China		Fiscalizar as instalações de manuseio e tratamento dos REEE.
		África do Sul		Apoiar e monitorar os governos municipais e o setor privado na gestão dos REEE.
Governos dos municípios	Atuar na conscientização da sociedade ao descarte adequado dos resíduos recicláveis.	Brasil	Titulares da limpeza pública urbana e de manejo de resíduos sólidos podem atuar em redes de logística reversa de REEE desde que habilitados.	
		Rússia	Manter locais para o armazenamento de REEE conforme o plano de gestão de resíduos regional.	
		Índia	Separar os REEE dos resíduos sólidos urbanos e canalizar aos centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados.	
		China	Estabelecer planos de gestão de resíduos municipais para implementar os planos nacionais/regionais de geração e gestão de REEE. Atuar na fiscalização e formalização das atividades do mercado de REEE.	
		África do Sul	Separar os REEE dos resíduos sólidos urbanos e canalizar aos centros de coleta, desmontadores e recicladores autorizados. Apoiar as atividades de reciclagem a nível municipal.	
Mercado				
Produtores e importadores		Rússia	Pagamento de taxa ambiental quando não cumprida as metas de reciclagem de REEE.	

	Implementar sistemas individuais ou coletivos de logística reversa dos REEE. Canalizar os REEE aos meios de reciclagem licenciados e ambientalmente adequado. Participar da conscientização da sociedade.	China	Pagar taxa por unidade produzida ao fundo nacional de reciclagem de REEE. Produzir EEE com design sustentável, com materiais reciclados e de fácil desmonte. Promover a aquisição de matérias-primas ecológicas e sistemas produtivos sustentáveis.
		África do Sul	Gerir a arrecadação e a aplicação da taxa de reciclagem, prestando contas às autoridades competentes. Promover a utilização de materiais reciclados e sistemas produtivos mais limpos na produção de EEE. Proporcionar a integração do setor informal.
Distribuidores e varejistas	Participar de redes de logística reversa, canalizando os REEE aos meios de reciclagem licenciados. Dispor locais de recebimento de REEE e de consolidação do descarte. Informar os consumidores sobre os EEE e o descarte adequado dos REEE.		
Empresas recicladoras	Coletar, desmontar, separar e reciclar REEE.		
Gestoras coletivas de REEE	Estruturar, implantar, operacionalizar e gerir redes de logística reversa de REEE conforme o sistema de responsabilização vigente ao país.	Brasil	Entidade gestora de REEE: Green Eletron.
		Rússia	Associações de produtores/importadores e operadores regionais quando contratados.
		Índia	Organizações de Responsabilidade do Produtor (*PROs*)
		África do Sul	
Recondicionadores e reparadores	Consertar EEE usados, reconstruir EEE a partir de REEE e revender equipamentos e resíduos.	Índia	O mercado de EEE de segunda mão encontra-se mais estruturado e desenvolvido na Índia e na China, mas a África do Sul também estimula e legisla sobre o tema.
		China	
		África do Sul	
Intermediários	Pequenos e médios comerciantes de recicláveis, que compram e revendem EEE usados e seus resíduos aos recondicionadores e às empresas envolvidas em atividades de reciclagem de REEE.		
Catadores de recicláveis informais	Coleta de resíduos recicláveis em vias públicas, residências e lixões. Separação e venda dos REEE às cooperativas e associações de catadores ou comerciantes intermediários de recicláveis.	Rússia	O World Bank (2019, 2021) indica que há trabalho informal na Rússia; mas conforme Da Silva, Weins e Potinkara (2019) não há nenhuma menção ou posição oficial identificada em relação à existência e reconhecimento de atividades informais relacionadas à cadeia de valor dos resíduos, mesmo podendo ocorrer de forma ocasional por pessoas em situação de perda de renda temporária.
	Coletar, separar, desmontar, tratar e canalizar os REEE às recicladoras.	Brasil	Podem atuar em redes de logística reversa de REEE desde que habilitados.

Cooperativas e Associações de Catadores	Atuar na capacitação, reconhecimento e geração de renda em escala aos catadores de recicláveis. * Não foram identificados na China e Rússia.	África do Sul	
		Índia	Gerar oportunidade de renda. Capacitar os grupos de trabalhadores informais.
Sociedade			
Consumidores	Separar e descartar os REEE adequadamente. Revender os EEE usados e os REEE no mercado de bens usados ou aos recondicionadores e comércio intermediário de REEE.	Índia	Os consumidores têm os REEE como fonte de recursos financeiros e preferem armazenar os resíduos em suas residências até a sua comercialização ou utilização em reparos de EEE usados.
		China	
		África do Sul	
Instituições de ensino e de pesquisa	Fomentar a realização de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem. Atuar em programas de sensibilização da sociedade ao descarte adequado dos REEE.	Rússia	Desenvolver tecnologias alinhadas ao princípio das melhores tecnologias disponíveis (*BATs*) para a utilização dos resíduos.
		Índia	Desenvolver tecnologias de reciclagem adequadas à realidade do país. Capacitação das partes envolvidas.
		África do Sul	Inovação tecnológica e social. Desenvolvimento de capital humano para a reciclagem dos resíduos.
Organizações Não Governamentais (ONGs)	Sensibilizar a sociedade ao descarte adequado e gestão sustentável dos REEE. * Não foi identificado ONGs na China atuando na cadeia de valor dos REEE.	Brasil	Atuar no reconhecimento, capacitação e melhoria das condições de trabalho dos catadores de recicláveis.
		Índia	
		África do Sul	
Meios de comunicação	Informar e sensibilizar a sociedade ao descarte adequado de REEE.	Brasil	Sensibilizar a sociedade ao consumo sustentável.
		Índia	
		China	

Quadro 62 – BRICS: cadeia de valor dos REEE

Cadeia de valor REEE	Brasil	Rússia	Índia	China	África do Sul
Legislação, fiscalização e controle.	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal
Produção EEE e distribuição	Produtores. Distribuidores, importadores e comerciantes.	Produtores. Distribuidores, importadores e comerciantes.	Produtores. Distribuidores, importadores e comerciantes.	Produtores. Distribuidores, importadores e comerciantes.	Produtores. Distribuidores, importadores e comerciantes.

Compra e Uso de EEE	Consumidores.	Consumidores domésticos e empresariais.	Consumidores e consumidores de EEE em grande escala.	Consumidores.	Consumidores e consumidores de EEE em grande escala.
Comercialização de EEE usados	Consumidores, catadores de recicláveis e intermediários[16].	*não identificado	Consumidores, catadores de recicláveis, intermediários e recondicionadores.	Consumidores, catadores de recicláveis, intermediários e recondicionadores.	Consumidores, catadores de recicláveis, intermediários e recondicionadores.
Comercialização e descarte de REEE	Consumidores, catadores de recicláveis e intermediários.	Consumidores domésticos e empresariais.	Consumidores, catadores de recicláveis, intermediários e recondicionadores.	Consumidores, catadores de recicláveis, intermediários e recondicionadores.	Consumidores, catadores de recicláveis, intermediários e recondicionadores.
Coleta de REEE	Produtores, entidades gestoras, varejistas, titulares da limpeza pública urbana, catadores de recicláveis, cooperativas e associações, organizações que reparam EEE para reuso.	Produtores, importadores, associações de empresas, varejistas, operadores regionais, recicladoras, pequenas e médias empresas intermediárias, ONGs e voluntários.	Produtores, organizações de responsabilidade do produtor, centros de coleta, cooperativas e associações, recicladoras, varejistas, titulares da limpeza pública urbana, intermediários e catadores de recicláveis.	Produtores, recicladoras, varejistas, titulares da limpeza pública urbana, intermediários e catadores de recicláveis.	Produtores, organizações de responsabilidade do produtor, recicladoras, centros de coleta, cooperativas e associações, titulares da limpeza pública, intermediários e catadores de recicláveis.
Triagem dos REEE	Cooperativas e associações, catadores de recicláveis, recicladoras, organizações que reparam os EEE para reuso.	Recicladoras, associações de produtores, operadores regionais, pequenas e médias empresas intermediárias, ONGs e voluntários.	Intermediários, centros de coleta, cooperativas e associações, desmontadores, recondicionadores e recicladoras.	Intermediários, recondicionadores e recicladoras.	Intermediários, centros de coleta, cooperativas e associações, desmontadores, recondicionadores, recicladoras e titulares da limpeza pública.
Desmontagem e separação dos REEE	Recicladoras, cooperativas e associações, organizações que reparam os EEE para reuso.	Recicladoras, operadores regionais, pequenas e médias empresas intermediárias.	Recicladoras, intermediários, desmontadores, recondicionadores, cooperativas e associações.	Recicladoras, intermediários e recondicionadores.	Recicladoras, intermediários, desmontadores, recondicionadores, cooperativas e associações.
Tratamento e reciclagem dos REEE	Empresas recicladoras nacionais e internacionais.	Empresas recicladoras e operadores regionais.	Empresas recicladoras, desmontadores e recondicionadores.	Empresas recicladoras e recondicionadores.	Empresas recicladoras, desmontadores e recondicionadores.
Disposição final dos REEE	Recicladoras, cooperativas e associações, titulares da limpeza pública, catadores	Recicladoras, operadores regionais, pequenas e	Recicladoras, intermediários, desmontadores, recondicionadores, titulares	Recicladoras, intermediários, titulares da limpeza pública,	Recicladoras, intermediários, desmontadores, recondicionadores, titulares

[16] Entende-se por intermediários os comerciantes de EEE usados e dos REEE formais e informais, que atuam nas diversas fases da cadeia de valor dos REEE.

	de recicláveis e consumidores.	médias empresas intermediárias.	da limpeza pública, catadores de recicláveis, cooperativas e associações e consumidores.	catadores de recicláveis e consumidores.	da limpeza pública, catadores de recicláveis, cooperativas e associações e consumidores.
Educação ambiental	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal	Governo federal, regional e municipal
Desenvolvimento de pesquisas e tecnologias	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs.	Instituições de ensino e pesquisa. Organizações governamentais.	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs.	Instituições de ensino e pesquisa. Organizações governamentais.	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs.
Capacitação das partes envolvidas	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs.	Instituições de ensino e pesquisa. Organizações governamentais.	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs.	Instituições de ensino e pesquisa. Organizações governamentais.	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs.
Conscientização da sociedade	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs. Meio de Comunicação.	Instituições de ensino e pesquisa. Organizações governamentais. ONGs. Meio de Comunicação.	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs. Meio de Comunicação.	Instituições de ensino e pesquisa. Organizações governamentais. Meio de Comunicação.	Instituições de ensino e pesquisa. ONGs. Meio de Comunicação.

Fonte Quadro 61 e 62: Elaborado a partir de Abalansa *et al.* (2021), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2012), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Arya e Kumar (2020), Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021), Awasthi e Li (2017), Bai, Wang e Zeng (2018), Baldé *et al*. (2021), Balkevicius, Sanctuary e Zvirblyte (2020), Bimir (2020), Bob *et al*. (2017), Borthakur (2020), Borthakur e Singh (2021), Brasil (1981, 2010a, 2010b, 2020), Brook (2021), Centro de Tecnologia Mineral (2021), Chung e Zhang (2011), Council for Scientific and Industrial Research (2016), Da Silva, Weins e Potinkara (2019), Department of Forestry, Fisheries and the Environment of South Africa (2019, 2020, 2022), Department of Science and Innovation of South Africa (2021, 2022), Department of Trade Industry and Competition of South Africa (2022), Dutta e Goel (2021), Era E-Waste Indwmp (2018), e-Waste Association of South Africa (2022), Fan e Fang (2020), Fedotkina, Gorbashko e Vatolkina (2019), Finlay e Liechti (2008), Forti *et al*. (2020), Ghosh *et al*. (2016), Giese *et al.* (2021), GM&C (2021), Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Green Eletron (2021), Ground Work (2022), Guo *et al*. (2017), Gutman e Teslya (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), India (2011, 2016a, 2016b, 2018), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2013), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Kumar e Dixit (2018), Ledwaba e Sosibo (2017), Li e Lu (2021), Liu *et al*. (2021), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Lopes dos Santos (2020), Lopes dos Santos e Jacobi (2021), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Maryev e Smirnova (2021), Ministério do Meio Ambiente do Brasil (2019), Omelchenko *et al.* (2021), Organization for Economic Co-operation and Development (2006), Pathak *et al*. (2017), Pienaar *et al*. (2020), RECLAM (2022), Republic of South Africa (1998, 2000, 2008, 2017), Rússia (1998, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022), Russian Environmental Operator (2022), SA Metal (2022), Shittu, Williams e Shaw (2020), Sinctronics (2021), Sko Electronics (2022), Smout (2021), South African Waste Pickers Association (2022), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), The State Council of the People's Republic of China (2021), Tong, Tao e Lifset (2018), Tran, Goto e Matsuda (2021), Universal Recycling (2022), Wiego's Organization & Representation Programme (2022), Wiesmeth e Starodubets (2020), World Bank (2019, 2021), Yan *et al*. (2020), Zeng *et al.* (2017), Zhang *et al*. (2019), Zhou e Xu (2012), Zhu *et al*. (2018)

A fim de comparar e analisar as funções dos diversos atores nos processos inerentes à gestão dos REEE esses são agrupados em três segmentos: (i) governo; (ii) mercado e (iii) sociedade, conforme classificação de Monteiro (2019) e Vieira et al. (2020). Verifica-se que todos os governos dos países do BRICS à nível nacional instituem regulamentações para a gestão dos REEE, monitorando e controlando a implementação dessas políticas, apoiados pela ação dos governos locais de conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE, que se apresenta estar em estágios iniciais, com maior avanço nas metrópoles de cada país.

Além disso, os governos, através de suas esferas de governo nacional, estadual/provincial e municipal, têm empreendido políticas e ações que corroboram na estruturação e no desenvolvimento sustentável da cadeia de valor dos REEE considerando as características de sua territorialidade. Em particular, o governo nacional chinês tem implementado projetos piloto de recicladoras em várias regiões do país, enquanto o governo russo está viabilizando a implantação de eco parques industriais; ambos projetando a maior circularidade dos materiais. Nesse sentido, o governo da Índia busca promover o desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem dos resíduos em paralelo a programas de capacitação das partes envolvidas e integração do setor informal. Esses três países aplicam taxas de subsídios à reciclagem sobre a produção dos EEE. Na China e na Rússia o fundo é administrado pelo governo, ao passo que na Índia a gestão do fundo é realizada pelos produtores/importadores, que prestam contas ao governo.

À nível estadual/provincial todos os países do BRICS possuem planos regionais de gestão de resíduos sólidos e específicos à geração e gestão dos REEE, com exceção do Brasil, que delega ao mercado a formatação e implementação de planos de gestão dos REEE. No nível local, os governos também executam outras ações na gestão dos REEE, além da conscientização da sociedade para o descarte adequado dos REEE. No Brasil, os titulares da limpeza pública urbana podem atuar nas redes de logística reversa dos REEE, desde que habilitados. Os governos municipais da Rússia são responsáveis em manter locais para o armazenamento dos REEE. Na Índia e na África do Sul as administrações municipais separam os REEE dos resíduos sólidos urbanos, canalizam aos meios adequados e apoiam atividades de reciclagem à nível municipal.

Percebe-se, portanto, que os governos atuam para além da instituição de normas e leis acerca da gestão dos REEE, empreendendo e articulando as partes

envolvidas para o desenvolvimento de tecnologias, infraestrutura e capital humano que viabilizem a circularidade dos materiais, reduzindo os montantes de REEE e oportunizando a geração de renda a milhares de trabalhadores de forma sustentável.

Porém, a circularidade dos materiais presentes nos REEE é complexa, seja pelas substâncias presentes nesses resíduos, seja pelas práticas historicamente construídas pelas sociedades.

Nos países do BRICS os produtores, importadores, distribuidores e comerciantes de EEE tem a responsabilidade de implementar redes de logística reversa dos REEE e canalizá-los aos meios licenciados de tratamento e reciclagem dos materiais. De outra parte, os consumidores de EEE são priorizados com algumas variações entre os BRICS em função dos montantes de REEE descartados. O Brasil e a China se referem aos consumidores de forma geral. A Rússia classifica os consumidores de EEE em domésticos e empresariais, a Índia e África do Sul em consumidores e consumidores de EEE em grande escala. Todos os consumidores de EEE são responsáveis pelo descarte adequado dos REEE perante as legislações dos países do BRICS, porém verifica-se que a prática é algo em construção e depende do nível de conscientização e dos hábitos da sociedade. Os consumidores chineses e indianos percebem os REEE como fonte de recursos financeiros e preferem comercializar os EEE usados e os REEE com comerciantes intermediários e recondicionadores, cujo mercado formal e informal foi se ampliando através dos anos. Na África do Sul, o mercado de comercialização de EEE usados e REEE está se desenvolvendo, dado o somatório de rendas baixas e de doações de EEE usados por outros países. No Brasil, esse mercado também está se formando, mas em menor grau. Na Rússia não foi identificado destaque ao mercado de usados e recondicionadores de EEE e de REEE.

A coleta dos REEE nos BRICS é efetuada pelos produtores/importadores de forma individual ou coletiva e pelas recicladoras, mas também por outros agentes típicos à cada país. No Brasil, Índia, China e África do Sul é relevante o trabalho dos catadores de recicláveis, sendo que no Brasil as Cooperativas e Associações de catadores agem na organização, capacitação, reconhecimento e ganho de escala do trabalho dos catadores de recicláveis. Na Índia e África do Sul as cooperativas e associações estão presentes nos centros de coleta de recicláveis, atuantes nas mesmas funções do Brasil. Nesses países, as ONGs nacionais e internacionais auxiliam na capacitação desses trabalhadores.

A triagem, desmonte e separação dos REEE é realizado por recicladoras de pequeno, médio e grande porte em todos os BRICS e por também recondicionadores na China, Índia, África do Sul e em menor escala no Brasil. Na Índia e África do Sul identifica-se nesse processo a figura dos desmontadores de REEE.

O desenvolvimento de pesquisas e tecnologias de reciclagem de REEE, bem como a capacitação das partes envolvidas e conscientização da sociedade ao descarte adequado são abarcados por instituições de ensino e pesquisa presentes nos países do BRICS, auxiliadas por ONGs nacionais e internacionais. Nota-se que na China e na Rússia organizações governamentais atuam igualmente nessas funções. Em adição, os meios de comunicação oficiais e abertos dos BRICS auxiliam na informação e sensibilização da sociedade ao descarte adequado dos REEE. No Brasil, Índia e China observa-se a abordagem da mídia também ao consumo sustentável. Contudo, a educação ambiental é em todos os países do BRICS responsabilidade das esferas de governo nacional, estadual e municipal.

Entende-se que os mercados de REEE nos países do BRICS estão em formação e desenvolvimento e contam com a atuação do Estado em maior ou menor grau a depender das características políticas administrativas de cada país. Verifica-se que os governos e órgãos governamentais da China e da Rússia empreendem mais no campo do desenvolvimento de tecnologias e implantação de recicladoras e eco parques industriais, com o propósito de viabilizar a circularidade dos REEE. Por outro lado, os governos da Índia, Brasil e África do Sul reconhecem os trabalhadores informais e a necessidade premente da capacitação e integração do setor informal, dado às condições precárias de trabalho e dos danos ambientais e à saúde humana a que estão expostos. Cabe observar que o mercado da Índia apresenta expressividade na produção global de eletrônicos e busca o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem, mas adequadas às suas realidades locais.

Verifica-se que à exceção da Rússia, os processos que compõem a cadeia de valor dos recicláveis e dos REEE é permeado por atividades formais e informais, reconhecidos pelas legislações do Brasil, Índia e África do Sul, enquanto a China se empenha na fiscalização e formalização dessas atividades. Na Rússia, apesar de o World Bank (2019, 2021) referenciar atividades informais na Rússia, não foi identificado estudos que as relatem em atividades inerentes à gestão dos REEE.

Assim sendo, os mercados de REEE dos países do BRICS apresentam pontos em comum, mas também apresentam características próprias construídas pela

sociedade ao longo do tempo, que precisam ser observadas, conforme observados por Sachs (1986, 2007, 2008 e 2009).

Os processos regulares da cadeia de valor dos REEE de descarte, coleta, triagem, desmonte, separação, tratamento, reciclagem e disposição final dos REEE são identificados em todos os países do BRICS, mas a composição de atores em cada processo expõe as particularidades de cada país, cujas práticas podem servir de base a outros países com especificidades semelhantes. De igual forma, as metrópoles dos países do BRICS reproduzem pontos em comum, mas evidenciam as peculiaridades de sua territorialidade que moldam as ações e a implementação das políticas nacionais e regionais de gestão de resíduos, consoante a orientação de Dye (2011).

4.6.2.1 BRICS: metrópoles e a gestão dos REEE

As metrópoles São Paulo, Moscou (*Moscow*), Delhi, Pequim (*Beijing*) e Joanesburgo (*Johannesburg*) possuem grande relevância econômica, social e política nos países do BRICS em que estão localizadas. À exceção de São Paulo, essas cidades também sediam as capitais administrativas de seus países. A Tabela 9 - BRICS Metrópoles: dados socioeconômicos apresenta dados que permitem a visualização comparativa da grandeza dessas cidades.

Tabela 9 – BRICS Metrópoles: dados socioeconômicos

	São Paulo	Moscou	Delhi	Pequim	Joanesburgo
População estimada - milhões	12,3 (2020)	12,6 (2019)	28,5 (2018)	21,5 (2020)	5,4 (2019)
Área territorial (km²)	1.521	2.511	1.484	16.410	1.645
PIB - US$ bilhões	131,32 (2020)	324,94 (2019)	108,33 (2020)	547,90 (2019)	60,32 (2018)
PIB per capita – US$	10.936,86 (2020)	22.060,00 (2018)	4.764,86 (2020)	25.456,95 (2019)	1779,53 (2018)

Fonte: Cooperative Governance and Traditional Affairs (2020); Government of National Capital Territory of Delhi (2021a); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021); Organization for Economic Co-Operation and Development (2021); The People's Government of Beijing Municipality (2021); United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018); World Bank Data (2022)

Na comparação, a metrópole Delhi possui a maior população estimada com 28,5 milhões de habitantes em 2018, seguida por Pequim com 21,5 milhões em 2020, que por sua vez realiza controle do aumento populacional. As metrópoles de São Paulo e Moscou se assemelham com uma população acima de 12 milhões, enquanto

Joanesburgo possui uma população estimada em 5,4 milhões em 2019. Pequim e Moscou detêm as maiores áreas territoriais entre as metrópoles selecionadas, ao passo que São Paulo, Moscou e Joanesburgo possuem áreas territoriais entre 1.484 e 1.645 km². Os maiores PIB e o PIB per capita estão concentrados em Pequim e Moscou, seguidos por São Paulo, Delhi e Joanesburgo, que apresentam níveis inferiores de resultados. Além da expressão nacional, essas metrópoles se destacam nos mercados globais, bem como em específico nos de produção e comercialização de EEE e de reciclagem de REEE.

Todavia, as cidades selecionadas enfrentam desafios comuns às metrópoles globais como a crescente geração de resíduos, danos ambientais e à saúde pública causados pela poluição generalizada e agravados pelas mudanças climáticas, desigualdade social e carência de oportunidades de geração de renda que consigam suprir a demanda da população ativa.

Em relação aos REEE, verifica-se que há dados nacionais identificados em estudos recentes, porém há poucas cidades que consigam quantificar a geração de resíduos eletroeletrônicos e o percentual efetivamente reciclado, porém entende-se que as maiores gerações de REEE ocorrem nas metrópoles dos países, seja pela concentração populacional e pelo aumento das rendas médias; como também por campanhas publicitárias exitosas de venda de EEE novos, com equipamentos produzidos em obsolescência programada. Cabe observar que o remanejamento do trabalho na pandemia Covid 19 para *home office* levou ao aumento do consumo de EEE, seja para aquisição de equipamentos iniciais de trabalho ou para atualização dos EEE próprios, gerando maiores volumes de descarte de REEE,

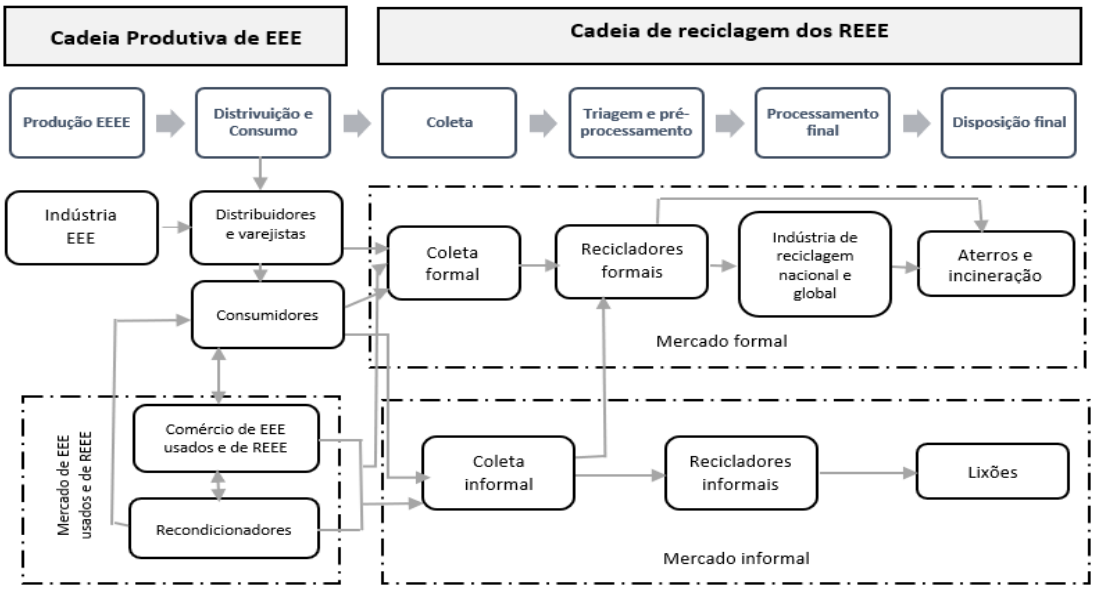
Nesse sentido, estudos sobre a gestão de REEE em São Paulo calculam que em 2020 foram gerados 534.000 t/ano e cerca de 3% foram reciclados; em Delhi no mesmo ano foram gerados cerca de 200.000 t/ano e em Pequim, dados de 2015, indicam que no ano foram descartados 2,31 milhões de EEE de grande porte (GU *et al*., 2016b; PEDRO *et al*., 2021; RODRIGUES; BOSCOV; GÜNTHER, 2020).

Contudo, nota-se que as partes envolvidas na gestão dos REEE nos países do BRICS a nível nacional, regional e local estão se articulando e estruturando redes de logística reversa de REEE, que viabilizem a reciclagem desses resíduos.

A seguir a Figura 43 – BRICS Metrópoles: Fluxo de EEE e REEE expõem o fluxo dos REEE a partir da cadeia produtiva dos EEE, considerando o mercado formal e informal desses resíduos, bem como o mercado de EEE usados e de REEE. O

Quadro 63 – BRICS Metrópoles: atores e funções na gestão dos REEE, sintetiza e compara funções identificadas no âmbito das metrópoles na gestão dos REEE desempenhadas por atores de governo, mercado e sociedade; enquanto o Quadro 64 – BRICS Metrópoles: políticas e ações locais em destaque, elenca medidas em evidência adotadas pelas partes envolvidas relacionadas à gestão dos REEE da metrópole.

Figura 43 – BRICS Metrópoles: fluxo de EEE e REEE



Fonte: Adaptado de Lopes dos Santos (2020, p.8)

Quadro 63 - BRICS Metrópoles: atores e funções na gestão dos REEE

Atores/Função	São Paulo	Moscou	Delhi	Pequim	Joanesburgo
Governo					
Legislação municipal atual específica aos REEE	Sim (2020)	Sim (2020)	Sim (2021)	Sim (2019)	
Instituição de metas de reciclagem	x	x	x		
O Estado como articulador das partes envolvidas	x	x	x	x	x
P&D em tecnologias de reciclagem	x	x	x	x	x
Integração do setor informal	x		x		x
Inclusão dos catadores de recicláveis	x		x		x
Órgãos governamentais agem na conscientização e capacitação das partes envolvidas	x	x	x	x	x
Mercado					
Implantação de redes de logística reversa	x	x	x	x	x
Comércio e recondicionamento de EEE usados e de REEE	x	x	x	x	x
Canalização dos REEE às recicladoras	x	x	x	x	x
Reciclagem dos REEE	Parcial	Integral	Parcial	Integral	Parcial
P&D em tecnologias de reciclagem	x	x	x	x	x
Campanhas de conscientização da sociedade	x	x	x	x	x
Sociedade					

Instituições não governamentais agem na capacitação e conscientização da sociedade	x	x	x	x	x

Quadro 64 - BRICS Metrópoles: políticas e ações locais

BRICS Metrópoles	Políticas e ações locais em destaque
São Paulo	Plano de gestão integrada de resíduos sólidos inclui regulamentações especificas à gestão dos REEE. Integração do setor informal. Convênio com cooperativas para a reciclagem de REEE. Plano de ação climática do município de São Paulo 2020-2050.
Moscou	Proibição de descarte de REEE em lixeiras comuns, sujeito a multas pelo descumprimento. Implantação de parceria público-privada na reciclagem de REEE, em adição aos sistemas de responsabilidade estendida ao produtor. Projeto Eco Táxi recolhe gratuitamente os REEE nos domicílios. Atuação da E-Waste Academy na capacitação das partes envolvidas na gestão dos REEE (governo, setor privado e demais organizações). Instituições de ensino e pesquisa atuam na conscientização da sociedade ao descarte adequado e no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem.
Delhi	Governo oportuniza apoio financeiro e parcerias à ONGs, consultorias e instituições de ensino e pesquisa na produção de dados sobre resíduos e em programas de conscientização da sociedade ao descarte e processamento adequado. Fiscalização e controle do descarte dos consumidores em grande escala de EEE. Implantação de projeto modelo de eco parque para a coleta e reciclagem dos REEE com a aplicação de tecnologias avançadas e integração do setor informal. Parceria entre ONGs e associações de catadores e recicladores para a capacitação dos trabalhadores e implementação de práticas de trabalho mais seguras e sustentáveis.
Pequim	Fiscalização das atividades relacionadas à gestão dos REEE. Uso da TiC para informatizar todos os processos inerentes à gestão dos REEE. Sistemas de gestores de triagem de resíduos da cidade formado por empresas e residentes. Estrutura de supervisores de bairros responsáveis por ações de conscientização da população. Constituir estações formais de compra de REEE nos bairros residenciais. Implantar usinas de reciclagem de REEE.
Joanesburgo	Campanhas de conscientização da sociedade. Ampliar a infraestrutura de coleta e reciclagem. Integração do setor informal, capacitando os catadores e cooperativas. Viabilizar a formação de cooperativas e parcerias com as recicladoras. Empregar os serviços dos catadores e cooperativas nos estágios iniciais da reciclagem.

Fonte dos Quadros 63 e 64: Elaborado a partir de Abalansa *et al*. (2021), African Reclaimers Organization (2022), Aim2flourish (2022), Arya e Kumar (2020), Awasthi e Li (2017), City of Johannesburg (2020, 2022), Cooperative Governance and Traditional Affairs (2020), Coopermiti (2021), Corwin (2018), Desco (2022), Dutta e Goel (2021), Ecopolis Corporation (2022), Exame (2017), Grant *et al.* (2019), Heidemann e Bogdanov (2020), Hindustan Times (2021), India Brand Equity Foundation (2021), Kamalova (2021), Kim e De Vasconcelos Barros (2021), Koshta, Patra e Singh (2021), Lopes dos Santos (2020), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Mazon (2014), New Reclamation Group Ltda (2022), Organization for Economic Cooperation and Development (2021), Oris Prom (2022), Pandey e Govind (2014), Parveen *et al.* (2019), Pikitup Johannesburg Soc Limited (2022), Reclam (2022), Russian Environmental Operator (2022), Samson (2021), São Paulo [Município] (2014, 2020b), Sindawonye (2022), Sko Electronics – Recycling (2022), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), The Hindu (2021), The People's Government of Beijing Municipality (2021), Toxics Link (2019), Unido Centre for International Industrial Cooperation in

The Russian Federation (2022), United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018), Universal Recycling (2022), Wang e Mishima (2019), Wiesmeth e Starodubets (2020), World Bank (2019), World Bank Data (2022)

Verifica-se pela Figura que os EEE usados e os REEE seguem a partir da cadeia produtiva a três frações de mercado dos REEE: (i) o mercado formal recebe o fluxo de REEE da coleta formal e informal, canalizando aos recicladores formalizados e à indústria de reciclagem nacional e à exportação de determinados materiais para seu processamento final; (ii) o mercado de EEE usados e de REEE (mercado de segunda mão) está em expansão sobretudo nas metrópoles, seja por dificuldades financeiras em adquirir novos equipamentos ou pela conscientização da sociedade em reparar e reutilizar os EEE usados e; (iii) o mercado informal, que em paralelo ao mercado formal desempenha atividades de coleta e processamentos iniciais da reciclagem dos REEE. Cabe observar que Moscou foi a única metrópole entre as analisadas onde não foi identificado a existência ou não de atividades informais relacionadas aos REEE. A disposição final dos resíduos do mercado formal ocorre em aterros sanitários e em incineradores, enquanto do mercado informal tendem a ser depositados em lixões dispersos em ambientes públicos.

Nesses cenários, constata-se no Quadro 64 que as metrópoles estão instituindo regulamentações municipais à gestão dos REEE de forma específica ou detalhada em legislações de gestão de resíduos urbanos, alinhadas às diretrizes nacionais e regionais. Na cidade de Joanesburgo não foi identificado regulamentação direta aos REEE, mas a legislação de gestão de resíduos municipal reforça o compromisso nacional de reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar os resíduos e estabelece ações prioritárias aos fluxos de resíduos perigosos, industriais e recicláveis, no qual se enquadram os REEE. São Paulo, Moscou e Delhi estabelecem inclusive metas anuais de reciclagem dos REEE. Em todas as metrópoles os governos locais atuam na articulação das partes envolvidas em atividades relacionadas à gestão dos REEE, na promoção de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem e em programas de conscientização da sociedade ao descarte e processamento adequado. Porém, com relação à inclusão dos catadores e do setor informal aos sistemas formais de gestão dos REEE, nota-se que as administrações municipais seguem as diretrizes nacionais. Assim, São Paulo, Delhi e Joanesburgo promovem a integração do setor informal, enquanto Pequim se concentra na fiscalização para formalização das atividades de coleta e reciclagem e em Moscou as

pesquisas não apontaram nenhuma ação que englobe os processos informais, caso existam na cidade.

Os mercados de REEE nessas metrópoles estão se estruturando e implantando as redes de logística reversa de acordo com os sistemas de responsabilização ao produtor vigentes no país. Em paralelo, observa-se que cresce o mercado de recondicionamento e comercialização dos EEE usados e seus resíduos. À medida que essas estruturas avançam percebe-se o aumento do interesse das recicladoras existentes e investimentos em novas plantas que atendam a demanda por processamento dos REEE da metrópole. Para tal, as empresas e em parcerias com instituições de ensino e pesquisa e outras organizações não governamentais investem em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de REEE e em campanhas de conscientização da sociedade ao descarte adequado. Atualmente, os REEE gerados em Pequim e Moscou podem ser reciclados integralmente em seus países, ao passo que em São Paulo, Delhi e Joanesburgo são reciclados parcialmente no país, exportando materiais para o processamento final.

Porém, conforme demonstrado no Quadro 64, percebe-se nesses contextos que determinadas políticas e ações são evidenciados no cenário local. Nesse sentido, o governo municipal de São Paulo, que é o maior mercado consumidor e gerador de resíduos do Brasil, tem instituído políticas e ações que reforçam a regulamentação nacional e regional sobre a gestão dos resíduos e em específico dos REEE. O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Paulo contempla temas sobre campanhas de conscientização da sociedade, a integração do setor informal e a responsabilidade compartilhada, com metas de implantação das redes de logística reversa dos REEE, que objetivam alcançar em 2024 o patamar de 35% de reciclagem dos REEE. As premissas desse plano são reforçadas no Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050 (SÃO PAULO [Município], 2014, 2020b). Nota-se que há forte presença do trabalho dos catadores de recicláveis na cidade e busca-se integrá-los em cooperativas licenciadas pelo governo a atuar na reciclagem de resíduos e de REEE. Como exemplo, a Coopermiti atua na reciclagem de REEE com processamento mensal de 40t/mês. As redes de logística reversa e reciclagem dos REEE estão entre as mais avançadas do país. Mas, o processamento final de alguns materiais como os metais preciosos são exportados para países como Bélgica, Estados Unidos e China para o tratamento final. Em adição, percebe-se que o mercado de usados e de reparos de EEE está em expansão na metrópole seja por

dificuldades financeiras da população em adquirir novos EEE ou pela sensibilização da sociedade ao consumo sustentável (LOPES DOS SANTOS, 2020; MAZON, 2014).

Na Rússia, Moscou abriga o maior polo industrial do país aliado a uma gama de centros de pesquisa e desenvolvimento, mesmo com a forte expansão do setor de serviços. Além disso, a metrópole se destaca por altos níveis de educação, de emprego e de trabalho formalizado (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2021, WORLD BANK, 2019). Na gestão de resíduos, o governo municipal atualizou as referidas regulamentações em 2020 alinhadas às legislações nacionais, no qual proíbe o descarte de REEE em lixeiras comuns, atribuindo multas pelo seu descumprimento tanto às organizações quanto aos cidadãos (HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020). Em 2021, iniciou-se a implementação da parceria público-privada para a reciclagem dos REEE da cidade, em adição aos sistemas de responsabilidade estendida ao produtor. O projeto, que é assessorado pela agência federal Operador Ambiental Russo (*REO*), tem o propósito de reintroduzir 95% dos materiais dos REEE nas cadeias produtivas e formar uma economia circular em Moscou. A empresa parceira é a Ecopolis Corporation que deve fazer a coleta, triagem e canalização dos REEE às recicladoras da região. Estima-se que todo o volume de REEE da metrópole seja processado (ECOPOLIS CORPORATION, 2022, *online*; ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, 2021; RUSSIAN ENVIRONMENTAL OPERATOR, 2022, *online*). Em paralelo, os institutos de pesquisa e desenvolvimento buscam desenvolver e aprimorar as tecnologias de reciclagem, além de atuar na conscientização e capacitação das partes envolvidas na gestão dos REEE (governo, empresas e demais organizações). Esta função também é desempenhada pela E-Waste Academy de Moscou (UNIDO CENTRE FOR INTERNATIONAL INDUSTRIAL COOPERATION IN THE RUSSIAN FEDERATION, 2022, *online*). Somam-se a esses outros projetos que estão sendo implementados para aumentar a canalização adequada dos REEE como o Eco Táxi, no qual as recicladoras recolhem os REEE nos domicílios de forma gratuita, além de parcerias com redes de varejistas para disposição de locais para a coleta de REEE em suas lojas (AIM2FLOURISH, 2022, *online*; ORIS PROM, 2022, *online;* SKO ELECTRONICS – RECYCLING, 2022, *online*).

Em Delhi a economia é centrada no setor de serviços alinhada às políticas nacionais da Índia Digital, que incentiva a formação de *startups* e centros de pesquisa e desenvolvimento relacionados ao mercado de tecnologia da informação (INDIA

BRAND EQUITY FOUNDATION, 2021, *online*; PARVEEN *et al*. 2019). Por outro lado, a metrópole enfrenta o desafio de combater a poluição e gerenciar o maior fluxo de REEE do país, majorado pelo hábito dos indianos de guardar os REEE e pelo deslocamento de REEE de outras regiões da Índia para serem comercializados, recondicionados e processados no mercado formal e informal de Delhi. Calcula-se que na cidade cerca de 50 mil pessoas estejam atuando em atividades diretas e indiretas na reciclagem de REEE, sendo que o mercado informal de REEE convive com condições precárias de trabalho e mão de obra infantil (ABALANSA *et al*., 2021; ARYA; KUMAR, 2020; AWASTHI; LI, 2017; CORWIN, 2018; DUTTA: GOEL, 2021; HINDUSTAN TIMES, 2021, *online*; KIM; DE VASCONCELOS BARROS, 2021; KOSHTA; PATRA; SINGH, 2021; PANDEY; GOVIND, 2014; PARVEEN *et al*., 2019; THE HINDU, 2021, *online*; TOXICS LINK, 2019). Nesse cenário, o governo de Delhi utiliza a estrutura de ONGs e instituições de ensino e pesquisa, fornecendo apoio financeiro e parcerias na conscientização da sociedade na adoção de práticas mais seguras e sustentáveis no manuseio e tratamento dos REEE, bem como na capacitação das partes envolvidas, na integração do trabalho informal e de sua formalização. Com esses propósitos, as ONGs e instituições de ensino e pesquisa, por sua vez, estabelecem parcerias com as associações de catadores e recicladores de REEE. São exemplos dessas ações o trabalho da ONG Toxics Link e a parceria estabelecida entre o Grupo de Pesquisa e Ação Ambiental Chintan com a Associação de Recicladores de Resíduos Eletrônicos e o grupo de recicladores Safai Sena (ARYA; KUMAR, 2020; DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, 2021, *online;* DUTTA; GOEL, 2021). Além disso, o governo fiscaliza e controla o descarte dos consumidores de EEE em grande escala e está implantando um projeto modelo de eco parque, que apoiado em tecnologias avançadas realizará a coleta e reciclagem dos REEE, com a integração do setor informal (HINDUSTAN TIMES, 2021, *online*; THE HINDU, 2021, *online*; THE TIMES OF INDIA, 2021, *online*).

Na China, Pequim enfrenta o desafio de conter e reverter os danos ambientais e consequentemente os volumes de resíduos gerados, após décadas de forte expansão populacional e industrial (EXAME, 2017, *online*; THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY, 2021, *online)*. O mercado de REEE na metrópole em particular, conta com uma rede de atores formais e informais que interagem nos processos inerentes à coleta, comercialização, recondicionamento e processamento. Contudo, o governo local tem tomado uma série de medidas que

buscam formalizar essas atividades, pois muitas delas são desempenhadas em locais e de forma precária e insegura aos trabalhadores e ao ambiente (WANG; MISHIMA, 2019). Nesse sentido, Steuer, Ramusch e Salhofer (2018) expõem que a gestão formal dos REEE está se ampliando em Pequim. Conforme esses autores dados indicam que em 2005 cerca de 57% desses resíduos eram coletados por meios informais e em 2012 reduziram para cerca de 30%. O governo local embasado no Plano Quinquenal de Pequim (2021-2025) em tornar uma metrópole modelo de ações ecológicas está adotando medidas e implantado projetos que se relacionam à gestão de REEE como: (i) fiscalização das atividades relacionadas à gestão dos REEE; (ii) uso da tecnologia da informação e comunicação (TiC) para informatizar todos os processos inerentes à gestão de resíduos; (iii) estruturar um sistema de gestores de triagem de resíduos da cidade formado por empresas e residentes que cubram toda a área de Pequim, além dos supervisores de bairros, responsáveis por ações de conscientização da população quanto às normas estabelecidas à gestão dos resíduos; (iv) constituir estações formais de compra de REEE nos bairros residenciais; (v) implantar usinas de reciclagem de REEE como a Huaxing Group com capacidade de processar 1,2 milhão de REEE ao ano (THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY, 2021, *online*).

Na África do Sul, Joanesburgo é o centro econômico e financeiro do país, com destaque no continente africano e no mercado global, possuindo centros de pesquisa e desenvolvimento conceituados. No entanto, a metrópole também se confronta com os desafios globais da urbanização acelerada, que acirram as desigualdades sociais e a geração crescente dos resíduos (COOPERATIVE GOVERNANCE AND TRADITIONAL AFFAIRS, 2020; WORLD BANK DATA, 2022, *online*). No mercado de REEE agem em paralelo atores formais e informais na coleta e processamento dos resíduos, bem como no comércio crescente de EEE usados, expandido pelas doações internacionais de EEE de segunda mão às ONGs locais. Calcula-se que há cerca de 8 mil catadores de recicláveis informais na cidade (SAMSON, 2021). Além das redes de logística reversa implementadas pelos produtores de EEE, a empresa pública municipal Pikitup, que executa o gerenciamento dos resíduos na cidade, também é responsável por integrar e articular todas as partes envolvidas na gestão dos resíduos com o objetivo de reduzir, reutilizar e reciclar maiores volumes de recicláveis, inclusive dos REEE As ações de integração e articulação buscam envolver também as associações de bairros, ONGs, cooperativas e catadores informais (CITY OF

JOHANNESBURG, 2020, 2022, *online*). Destaca-se no planejamento atual da Pikitup as seguintes estratégias que se relacionam à gestão dos resíduos recicláveis, que incluem os REEE: (i) ampliar os centros de coleta e processamentos; (ii) ações de conscientização da sociedade; (iii) integrar e capacitar cooperativas e catadores informais; (iv) viabilizar a formação de cooperativas de catadores; (vi) empregar os serviços dos catadores e cooperativas nos estágios iniciais da reciclagem; (vii) articular parcerias entre os coletores e recicladores (PIKITUP JOHANNESBURG SOC LIMITED, 2022, *online*).

Percebe-se, desta forma, que as categorias de atores formais e informais expostos desempenham funções similares nos fluxos de processos das cadeias de valor dos REEE entre os países e as metrópoles analisadas. Entretanto, cada país e cada cidade apresenta sua territorialidade historicamente construída, moldando as legislações e programas para sua implementação, evidenciando determinadas políticas e ações, que podem servir de base para outros locais com características semelhantes e contribuir ao sucesso da instituição de políticas relacionadas.

Essas medidas evidenciadas buscam apresentar soluções ao crescente aumento da geração dos REEE nas metrópoles, que coexistem com problemáticas sociais, ambientais e institucionais. Porém, as realidades impõem limitações, barreiras ao êxito da implementação das políticas e ações circulares correlatas à gestão sustentável dos REEE e; que contribuam com a construção de cidades inteligentes e sustentáveis, inclusivas e resilientes. Essas limitações, bem como proposições de melhoria serão comparadas e analisadas na sequência.

4.6.3 Aspectos teóricos fundamentais a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS (Objetivo específico 3)

O Brasil possui legislação específica à gestão dos REEE que adota o sistema de responsabilidade compartilhada entre as partes envolvidas, atribuindo ao mercado a obrigação de estruturar e implantar as redes de logística reversa. Contudo, a realidade demonstra que há lacunas entre os planos de governo e sua implementação. Falhas de regulação, fiscalização e controle, bem como de ações articuladas entre governo, mercado e sociedade comprometem o avanço sustentável das redes de logística reversa e a efetiva reciclagem dos REEE no país. A falta de dados, de investimentos em tecnologias e infraestrutura nacional e de subsídios às

cadeias de reciclagem, somados às diferenças tributárias entre os Estados e a concentração de recicladoras na região sul e sudeste do país oneram e dificultam o acesso dos fluxos de REEE às recicladoras (ABALANSA *et al*., 2021; ALVES *et al*., 2019; ANNA; MACHADO; DE BRITO, 2015; CAETANO *et al*., 2019; DE ALBUQUERQUE *et al.,* 2020; DE OLIVEIRA *et al*., 2020; DE OLIVEIRA NETO; SILVA; MACHADO SANTOS, 2019; FERREIRA; GONÇALVES-DIAS; DE CARVALHO VALLIN, 2019; GHISOLFI *et al*., 2017; LOPES DOS SANTOS, 2020; MONTEIRO, 2019; PEDRO *et al.,* 2021; VALENTE *et al.,* 2021; VIEIRA *et al.,* 2020).

Nesse contexto, esses autores expõem que os catadores informais e as associações/cooperativas de reciclagem de recicláveis são responsáveis por grande parte da coleta, triagem, desmontagem e separação dos materiais e; podem atuar na cadeia de valor dos REEE desde que habilitados. Porém, os REEE podem conter materiais complexos e perigosos à saúde humana e ao ambiente e; a falta de políticas de capacitação e inclusão dos catadores e associações/cooperativas para o tratamento dos REEE entravam o acesso desse segmento aos processos de reciclagem dos REEE. Além disso, a baixa conscientização da população ao descarte adequado dos REEE corrobora às dificuldades elencadas ao setor.

Na Rússia, o aumento da geração de resíduos canalizados em sua maioria aos aterros sanitários que operam no limite de suas capacidades, pressiona o governo a adotar medidas que revertam esse cenário. Mas, se de um lado a sociedade apresenta baixa conscientização para o descarte adequado dos REEE e demonstra uma mudança de hábito em armazenar os REEE para posterior revenda aos sucateiros; por outro lado a complexidade da legislação sobre a gestão dos resíduos permite lacunas na atribuição de responsabilidades e ações descoordenadas entre as partes envolvidas, dificultando a gestão integrada dos resíduos. O país não tem uma legislação específica à gestão dos REEE, porém é detalhada nas alterações e complementos à Lei sobre Resíduos e Produção e Consumo instituída em 1998, que adota o sistema de responsabilidade estendida ao produtor. Nota-se que as regulações sobre os REEE são recentes e necessitam de maturação entre as partes envolvidas, mas há normas que se comunicam a esta estabelecidas há mais de duas décadas sem a devida atualização. A partir de 2017, o governo nacional iniciou o processo de descentralização da gestão de resíduos para as esferas regionais, porém os governos regionais carecem de capacitação para gestão dos fluxos de resíduos e articulação das partes envolvidas e; ao migrar as funções locais para o nível regional

desestimulou as iniciativas das cidades. Além disso, as metas de reciclagem são arrojadas para o curto prazo sobre uma base de dados insuficientes e imprecisos (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; BALDÉ *et al.,* 2021; DOROKHINA; KHARCHENKO, 2021; FORTI et al. 2020; GUTMAN; TESLYA, 2020; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2020; IVANOVA; WU, 2022; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MARKOVA; MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019; MARYEV; SMIRNOVA, 2021; RATNER *et al*., 2021; RUSSIAN GOVERNMENT NEWS, 2022; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

Esses autores argumentam que sob essas circunstâncias, os produtores/distribuidores, responsáveis em implantar a infraestrutura necessária para a logística reversa dos REEE, tem optado por vezes em pagar a taxa ambiental cobrada em caso de não cumprimento das metas estabelecidas, pois são consideradas baixas em relação aos investimentos necessários de implantação dos sistemas de responsabilidade estendida ao produtor. Nesse contexto, a infraestrutura necessária à formação do mercado secundário de recursos é escassa, com pontos de descarte, triagem e de reciclagem insuficientes para atender a demanda da geração crescente de resíduos e em específico dos REEE. Os baixos fluxos de REEE comprometem a viabilidade econômica de atividades de reciclagem, apesar do esforço do governo nacional de estabelecer parcerias público privada com operadores regionais e projetar a instalação de 70 parques eco industriais e 216 instalações de tratamento, reciclagem e neutralização de resíduos até 2030. Em adição, verifica-se que apesar da legislação para a gestão de resíduos incluir premissas de maior utilização dos recursos, as políticas e ações de mercado se concentram no descarte e reciclagem e pouco na redução e reuso dos materiais, comprometendo a maximização do uso e circularidade dos materiais

A Índia instituiu a legislação de gestão e manuseio dos REEE em 2010 adotando o sistema de responsabilidade estendida ao produtor, mas seus preceitos não estão implantados em sua totalidade devido a fatores originários no governo, no mercado e na sociedade. Contudo, há de se observar que o governo vem apresentando êxito em programas de gestão de resíduos sólidos urbanos, mas não em específico aos REEE. A baixa articulação das esferas de governo com as partes envolvidas e de medidas auxiliares de implementação da lei não clarifica, conscientiza e responsabiliza os agentes envolvidos em atividades inerentes à gestão dos REEE. Além disso, políticas estratégicas nacionais como o *Make in Índia* e *Digital Índia* não

enfatizam conceitos de circularidade dos materiais, agravando o cenário de aumento exponencial de REEE no segundo país mais populoso do mundo (ANDEOBU; WIBOWO; GRANDHI, 2021; ARYA; KUMAR, 2020; AWASTHI; LI, 2017; BHATIA; SRIVASTAVA, 2018; BORTHAKUR; SINGH, 2021; CORWIN, 2018; GARG, 2021; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; KUMAR; DIXIT, 2018; PATHAK et al., 2017; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021; SINGH; DASGUPTA; ROUTROY, 2021).

Segundo esses autores, tal posicionamento do governo compromete a estruturação de redes de logística reversa e reciclagem de REEE no país, que contam com poucos pontos de coleta em relação a demanda gerada e as recicladoras existentes se concentram em determinadas regiões do país. Porém, outros fatores influenciam no lento avanço do mercado de reciclagem de REEE na Índia, caracterizado por uma extensa rede informal de catadores e intermediários, baseados no reuso e reparo de EEE, que retarda os fluxos dos REEE às recicladoras. Em adição, o mercado de REEE é dilatado pela importação e doações de EEE usados de outros países à população de baixa renda, pois parte desses equipamentos viram sucata na entrada ao país. Nota-se que a falta de subsídios e programas governamentais público privados, assim como a limitada integração entre o setor formal e informal não promovem e oportunizam a formalização do setor. Em relação aos REEE, não há dados suficientes e confiáveis sobre a geração dos REEE, bem como de sua reciclagem, mas estima-se que em uma visão ampla 95% dos resíduos recicláveis no país sejam coletados e tratados nos estágios iniciais pelo setor informal. Verifica-se que a baixa conscientização da sociedade acerca da periculosidade dos REEE leva ao armazenamento e ao descarte inadequado desses resíduos em lixos comuns, aterros e incineradores; como também ao descaso de condições de trabalho seguras ao tratamento dos REEE, impactando o meio ambiente e a saúde humana.

A partir dos anos de 2000 o governo da China instituiu regulamentações sobre a gestão dos REEE com o objetivo de conter a poluição advinda desses resíduos, estruturar o mercado de reciclagem e reintroduzir os materiais nas cadeias produtivas. Entre as medidas estão a criação do fundo de subsídios à reciclagem, proibição da importação de REEE e incremento na fiscalização das atividades correlatas, bem como vem empreendendo em projetos piloto de usinas de reciclagem e instalação dos pontos de coleta com compensação monetária ao descarte dos REEE. Em complemento os governos locais agem na conscientização da sociedade ao descarte adequado (ABALANSA *et al*., 2021; CHUNG; ZHANG, 2011; GHOSH *et al*., 2016;

GUO *et al*., 2017; HOU *et al*., 2020; LI; LU, 2021; LIU *et al*., 2019; STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018; SUN *et al*., 2020; WANG *et al.,* 2018; ZENG *et al*., 2017; ZHAO; BAI, 2021).

Entretanto, esses autores argumentam que esse conjunto de medidas desafiam as realidades de mercado e os costumes da sociedade. Aponta-se que a maioria da sociedade não tem a percepção do dever de separar e canalizar adequadamente os REEE, mantendo o hábito de armazenar os REEE e comercializá-los onde obtiver o maior retorno financeiro, seja com agentes formais ou informais. O mercado de REEE na China conta com uma extensa rede de atores informais que se conectam com os atores formais, exercendo atividades de coleta, comércio, reparo, desmonte, triagem e reciclagem dos materiais, que empregam técnicas rudimentares e inseguras à saúde humana e ao meio ambiente. Calcula-se que o setor informal seja responsável por 65% desse mercado. Nota-se que o aumento das rendas individuais tem alterado o hábito dos chineses de reparar os EEE usados, que passam a adquirir EEE novos com maior frequência. Porém, essa mudança está reduzindo o mercado de segunda mão e aumentando o número de REEE armazenados em residências. A priorização do governo em reciclar EEE de médio e grande porte dificultam em certa medida o fluxo de REEE de pequeno porte à reciclagem. Por outro lado, indica-se que os produtores e distribuidores de EEE, regulados pelo sistema de responsabilidade estendida ao produtor, pouco se envolvem em ações de reciclagem ou aderem à projetos de ecodesign, mas tem o dever do pagamento de taxas ao fundo nacional de reciclagem. O fundo subsidia o equilíbrio financeiro das recicladoras, cujos custos de instalação e manutenção são altos e nem sempre conseguem operar em sua capacidade máxima. Todavia, estudos sinalizam um déficit crescente do fundo entre o valor arrecadado e o repassado às recicladoras, que podem comprometer o avanço do mercado de reciclagem dos REEE no país

Na África do Sul a lei nacional de gestão de resíduos foi instituída em 2008, cujos resultados vem avançando ao longo dos anos, porém não há uma legislação específica à gestão de REEE. Em 2020 e 2021, em meio a pandemia Covid 19, o governo instituiu regulamentações acerca dos resíduos de EEE, iluminação, papel e embalagens. Nessas normativas foram adotadas o sistema de responsabilidade estendida ao produtor e foi proibido o descarte de REEE em aterros sanitários. A ausência de uma lei particular à gestão do REEE dificulta a clarificação de responsabilidades entre as partes envolvidas e a implementação dos sistemas de

logística reversa desses resíduos no país, pois as regulamentações existentes carregam as perspectivas de cada órgão formador da política, que conflitam e/ou suscitam lacunas entre as normas. Além disso, a escassez e imprecisão de dados sobre os REEE limita a formação de políticas relativas ao setor (BIMIR, 2020; BOB *et al*. 2017; BORTHAKUR, 2020; CHOKWE *et al*., 2019; COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH, 2016; DEPARTMENT OF FORESTRY, FISHERIES AND THE ENVIRONMENT, 2022; ERA E-WASTE INDWMP, 2018; GODFREY; STRYDOM; PHUKUBYE, 2016; GRANT *et al*., 2019; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; INSTITUTE OF WASTE MANAGEMENT OF SOUTHERN AFRICA, 2022; LEDWABA; SOSIBO, 2017; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; PIENAAR *et al*., 2020; UHUNAMURE *et al*., 2021).

Esses autores identificam que o mercado de EEE e de REEE está em desenvolvimento no país. Os EEE introduzidos no mercado sul-africano são em sua maioria importados, que somados aos altos custos de implantação dos sistemas de reciclagem restringem o avanço do setor, pois determinados materiais não conseguiriam ser reintroduzidos nas cadeias produtivas domésticas. Dessa forma, o mercado de REEE, com forte presença do setor informal e de segunda mão, concentra as atividades na coleta, desmontagem e pré-processamento, exportando os materiais para o processamento final. Atualmente registra-se a presença de duas recicladoras que processem alguns materiais dos REEE. Mesmo assim, a infraestrutura nacional que englobe esses processos e que possibilite a logística entre esses são escassas e precárias, concentrados em alguns centros urbanos. Observa-se que as atividades desempenhadas pelo setor informal empregam técnicas manuais, rudimentares e inseguras ao meio ambiente e à saúde humana. Outros dificultadores são vinculados ao desenvolvimento do mercado de reciclagem como a falta de subsídios ao setor, medidas que integrem os trabalhadores informais nos sistemas de responsabilidade ao produtor, insucessos na formação de associações e catadores de recicláveis e o fraco fluxo de REEE aos recicladores, consequência da baixa conscientização da sociedade em armazenar e descartar os REEE de forma adequada. Os residentes, bem como as organizações têm o hábito de armazenar os REEE para posterior uso, comercialização ou doação a parentes, amigos ou em caridade

Em síntese, o Quadro 65 – BRICS: limitações à gestão dos REEE apresenta os principais dificultadores identificados nos estudos de casos dos países do BRICS observados no segmento de governo, mercado e sociedade.

Quadro 65 - BRICS: limitações à gestão dos REEE

Países do BRICS/ Barreiras gestão REEE	Brasil	Rússia	Índia	China	África do Sul
Governo					
Ausência de legislação nacional específica à gestão dos REEE		x			x
Lacunas na implementação das leis específicas à gestão dos REEE	x		x	x	
Falta de articulação do Estado para implantar os sistemas de responsabilidade ao produtor	x		x		x
Escassa sinergia do governo com as partes envolvidas para estruturação dos mercados de REEE.	x	x	x	x	x
Insuficiência e divergências de dados sobre a geração e reciclagem dos REEE	x	x	x	x	x
Dificuldade de acesso e déficit dos fundos de subsídios à reciclagem de REEE		x		x	
Mercado					
Infraestrutura insuficiente para a coleta e triagem dos REEE	x	x	x	x	x
Custos elevados de implantação e manutenção das redes de logística reversa	x	x	x	x	x
Carência e concentração territorial de recicladoras	x	x	x	x	x
Baixos fluxos de REEE às recicladoras	x	x	x	x	x
Falta de integração do mercado formal e informal de REEE	x		x	x	x
Condições de trabalho inadequadas no setor informal	x		x	x	x
Falta de subsídios às associações/cooperativas de catadores e de recicladores para a formalização e manutenção	x		x		x
Sociedade					
Baixa conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE	x	x	x	x	x
Armazenamento e descarte inadequado dos REEE	x	x	x	x	x

Fonte: Elaborado a partir de Abalansa *et al*. (2021), Abu-Qdais e Kurbatova (2022), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Alves *et al*. (2019), Andeobu, Wibowo e Grandhi (2021), Anna, Machado e De Brito (2015), Arya e Kumar (2020), Awasthi e Li (2017); Baldé *et al*. (2021), Bhatia e Srivastava (2018), Bimir (2020), Bob *et al*. (2017), Borthakur (2020), Borthakur e Singh (2021), Caetano *et al*. (2019), Chokwe *et al*. (2019), Chung e Zhang (2011), Corwin (2018), Council for Scientific and Industrial Research (2016), Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022), De Albuquerque *et al*. (2020), De Oliveira *et al*. (2020), De Oliveira Neto, Silva e Machado Santos (2019), Dorokhina e Kharchenko (2021), Era E-Waste Indwmp (2018), Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019), Forti *et al*. (2020), Garg (2021), Ghisolfi *et al*. (2017), Ghosh *et al*. (2016), Godfrey, Strydom e Phukubye (2016), Grant *et al*. (2019), Guo *et al*. (2017), Gutman e Teslya (2020), Heidemann e Bogdanov (2020), Hou *et al*. (2020), Ichikowitz

e Hattingh (2020), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022), Ivanova e Wu (2022), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Kumar e Dixit (2018), Ledwaba e Sosibo (2017), Li e Lu (2021), Liu *et al*. (2019), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Lopes dos Santos (2020), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Maryev e Smirnova (2021), Monteiro (2019), Pathak *et al*. (2017), Pedro *et al*. (2021), Pienaar *et al*. (2020), Ratner *et al*. (2021), Russian Government News (2022), Sharma, Joshi e Govindan (2021), Singh, Dasgupta e Routroy (2021), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), Sun *et al*. (2020), Uhunamure *et al*. (2021), Valente *et al*. (2021), Vieira *et al*. (2020), Wang *et al*. (2018), Wiesmeth e Starodubets (2020), Zeng *et al*. (2017), Zhao e Bai (2021)

Verifica-se no segmento de governo que as legislações instituídas sobre a gestão dos REEE se mostram complexas em englobar e se relacionar à outras regulamentações, bem como tropeçam nas limitações das estruturas governamentais em articular as partes envolvidas para a implementação e controle dos sistemas de pré-processamento e reciclagem dos REEE. A insuficiência e divergência de dados nacionais sobre a geração e reciclagem dos REEE dificultam a tomada de decisões e comprometem a formatação de políticas públicas mais assertivas e aplicáveis. Todos os países do BRICS detêm legislações relacionadas à gestão dos REEE e adotaram sistemas de responsabilização ao produtor ou compartilhada. O Brasil, China e Índia possuem regulamentações específicas ao gerenciamento desses resíduos. Porém, se de um lado os países sem uma legislação específica indicam a falta de clarificação das responsabilidades, de outro lado os países que têm leis específicas apontam fragilidades institucionais na aplicação da lei, demonstrando uma lacuna entre as leis instituídas e sua real implementação e cumprimento das normas. Nota-se na China e Rússia, que avançam em projetos de eco parques industriais e impuseram a cobrança de taxas ao produtor/importador para o fundo de subsídios à reciclagem dos REEE, enfrentam dificuldades em gerir e equilibrar as contas destes. Constata-se que as limitações à aplicação da lei são identificadas no próprio governo, mas também no mercado e na sociedade em geral. A falta de articulação e sinergia entre os agentes aumenta o vácuo entre as regulamentações e a realidade praticada, assim como do desenvolvimento do mercado de recursos secundários relativos aos REEE.

O desenvolvimento do mercado de reciclagem dos REEE, por sua vez, se confronta com a falta de infraestrutura nacional para a coleta e triagem desses resíduos resultando em baixos fluxos de materiais; além dos custos elevados de implantação e manutenção dos sistemas de reciclagem dos REEE e da falta de integração entre o setor informal e formal. O setor informal coexiste em meio às condições precárias e inseguras de trabalho e à falta de subsídios para sua formalização e capacitação. Em adição a concentração das recicladoras em

determinadas regiões do país oneram o transporte dos REEE com reflexos em toda a cadeia de reciclagem.

Contudo, percebe-se em todos os estudos de casos dos países do BRICS a baixa conscientização da sociedade acerca do tema gestão dos REEE. Entende-se que a falta de orientação e sensibilização da sociedade (residentes e organizações) à uma consciência ambiental e social sustentável influencia o comportamento das partes envolvidas em toda a cadeia de valor dos REEE, comprometendo o êxito das políticas públicas e demais práticas a serem implantadas.

A Figura 44 – BRICS: baixa conscientização da sociedade e a gestão dos REEE expõem os reflexos da falta da conscientização da sociedade nas ações relacionadas à gestão dos REEE nos segmentos de governo, mercado e sociedade.

Verifica-se pelos estudos de casos BRICS que a baixa conscientização ambiental e social sustentável da sociedade em geral influi negativamente na implementação das políticas públicas sobre a gestão dos REEE e na articulação entre as partes envolvidas, pois não conseguem promover mudanças em escalas suficientes nos costumes da sociedade, que foram historicamente construídos.

Figura 44 - BRICS: baixa conscientização ambiental e a gestão dos REEE

Fonte: Autoria própria (2023), a partir do Quadro 65 - BRICS: limitações à gestão dos REEE

Percebe-se que na China, Índia e África do Sul, onde a população e mesmo as organizações têm o hábito de armazenar os REEE para o uso, comércio ou

descarte futuro, o fluxo desses resíduos é retardado à canalização adequada, comprometendo a viabilidade econômica das recicladoras instaladas; quando não são descartados em lixos comuns, aterros ou incinerados impactando a saúde humana e do meio ambiente. Outro ponto a destacar é que os consumidores, sobretudo desses três países, percebem nos REEE uma fonte de recursos financeiros e o priorizam quando de sua comercialização, recorrendo em sua maioria ao mercado informal de REEE para o reparo e comércio.

Entretanto, as escassas medidas de integração das atividades informais de comércio e reciclagem dos REEE ao mercado formalizado acentuam as condições precárias e inseguras de trabalho no manuseio e processamento dos REEE, pois os trabalhadores informais não são em geral orientados e capacitados ao emprego de técnicas de trabalho seguras e sustentáveis.

O mercado formalizado, por sua parte, sem a devida parcela de conscientização ambiental e social sustentável expande-se orientada ao retorno financeiro baseada no descarte e reciclagem dos REEE, sem ampliar os horizontes para projetos de ecodesign e redução de resíduos que viabilizem a circularidade dos materiais, integrando o setor informal.

Diante dessas problemáticas, os estudos dos casos dos países indicam proposições de melhoria da gestão dos REEE nos BRICS.

No Brasil as pesquisas apontam para a necessidade de maior conscientização da sociedade e desenvolvimento de tecnologias alternativas de reciclagem em parcerias público privadas. Propõem-se que a conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE siga em paralelo ao consumo sustentável iniciados em programas de educação ambiental nas instituições de ensino e acrescidas de campanhas de orientação e sensibilização da sociedade. Em consequência, percebe-se em casos aplicados que a população se mostra participativa às mudanças propostas, desde que tenham pontos de coleta de REEE próximos à sua residência ou local de trabalho. De outra parte é essencial o desenvolvimento de tecnologias técnicas e sociais alternativas adequadas ao país. Para tal, considera-se primordial a maior participação do Estado por meio de suas esferas de governo na articulação das partes envolvidas na gestão dos REEE, construindo sinergia de ações entre governo, mercado e sociedade (ALVES *et al.*, 2019; ANNA; MACHADO; DE BRITO, 2015; CAETANO *et al.* 2019; DE ALBUQUERQUE *et al.* 2020; DE OLIVEIRA *et al.* 2020; FERREIRA; GONÇALVES-DIAS; DE CARVALHO VALLIN, 2019; GHISOLFI *et al*.

2017; GIESE *et al*. 2021; LOPES DOS SANTOS, 2020; LOPES DOS SANTOS; JACOBI, 2021; MONTEIRO, 2019; PEDRO *et al.* 2021; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2021; UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2021; VALENTE *et al.* 2021; WAHRLICH *et al.* 2017; XAVIER; VEIT; BERNARDES, 2017).

Nesse sentido, esses autores ponderam um maior protagonismo das administrações municipais na cadeia de valor dos REEE. A exemplo da metrópole de São Paulo, o governo local enquanto gestor dos resíduos sólidos urbanos pode atuar de forma mais proeminente na gestão dos REEE por meio das seguintes políticas e ações: (i) realizar campanhas de orientação e conscientização da sociedade ao consumo e descarte sustentável; (ii) cooperar na coleta dos REEE em separado através dos programas de coleta seletiva já existentes, canalizando esses recicláveis às associações e cooperativas de catadores e/ou às entidades gestoras de REEE; (iii) coordenar acordos intermunicipais para a reciclagem regional; (iv) estimular a organização e formação de associações e cooperativas de recicláveis, viabilizando incentivos legais, financeiros e operacionais também junto às esferas de governo estadual e federal com o objetivo de torná-las economicamente viáveis ao longo do tempo e; (v) estabelecer parcerias com instituições de ensino e centros de pesquisa para a capacitação dos catadores de recicláveis e das administrações de associações e cooperativas. Além disso, recomenda-se políticas públicas e programas nacionais em parcerias público privadas, que evidenciem a redução de resíduos, projetos de *ecodesign* e cadeias produtivas em circuitos fechados, baseados nos princípios da economia circular e; que promovam de igual forma o mercado de reparo e reuso de REEE em crescimento no país.

Na Rússia, o governo nacional iniciou a descentralização da gestão de resíduos ao nível regional, articulando e viabilizando investimentos em parcerias público-privadas na implantação de eco parques e em gestoras regionais de resíduos com o objetivo de suprir o país com a infraestrutura necessária à reciclagem dos materiais, contribuindo no desvio de resíduos aos aterros sanitários. Porém sugere-se a reinclusão da ação mais proeminente dos governos municipais na gestão dos resíduos sólidos e dos REEE. As administrações municipais podem somar em esforços ajustados à realidade local na conscientização da sociedade ao descarte adequado, na organização dos fluxos de resíduos e na capacitação, articulação e sinergia entre os atores envolvidos. Contudo, os estudos indicam a necessidade de atualização e integração das legislações relacionadas à gestão dos REEE, pois a Lei

sobre resíduos de produção e consumo (1998) que inclui o tema mantem lacunas e distorções de responsabilidades, mesmo tendo sido alterada ao longo dos anos (ABU-QDAIS; KURBATOVA, 2022; ALBRECHT; YAROVOY; KARGINOVA-GUBINOVA, 2020; DOROKHINA; KHARCHENKO, 2021; GUTMAN; TESLYA, 2020; HEIDEMANN; BOGDANOV, 2022; LIUBARSKAIA; PILIAVSKY; PUTINCEVA, 2021; MAALOUF *et al*., 2020; MARKOVA, MOROZENKO; VAKHRUSHEVA, 2019; MARYEV; SMIRNOVA, 2021; RUSSIAN GOVERNMENT, 2021; VASILENOK *et al*., 2021; WIESMETH; STARODUBETS, 2020).

Esses autores preconizam que tal reforma legislativa seja resultado de amplo diálogo entre as partes envolvidas do governo, mercado e sociedade, bem como sejam associadas à estratégia de desenvolvimento do setor industrial e à gestão dos resíduos sólidos urbanos. Sendo as indústrias e domicílios as maiores fontes de REEE no país, se faz necessário o incremento de ações de sensibilização desses agentes, conscientizando ao descarte segregado e seguro desses resíduos; garantindo maior fluxo de materiais às recicladoras a fim de viabilizar seu equilíbrio financeiros, dado o alto custo de implantação e manutenção de empresas voltadas à reciclagem de REEE. Além disso, recomenda-se em específico a revisão da aplicação das taxas ambientais e de outras medidas que conduzam os produtores e distribuidores de EEE a implementar os sistemas de responsabilidade estendida ao produtor. Outrossim, apesar de a legislação nacional prever a aplicação das melhores tecnologias disponíveis (*BATs*) na gestão dos REEE, indica-se o desenvolvimento de mais tecnologias avançadas para a reciclagem e aferição de dados mais preciso sobre os REEE, subsidiando tomadas de decisões mais assertivas. Em adição, é primordial o reconhecimento dos conceitos e princípios da economia circular nas regulamentações sobre a gestão dos resíduos e dos REEE, pois os movimentos sinalizados estão direcionados ao pós-consumo em atividades de descarte e reciclagem, necessitando incorporar projetos de *ecodesign*, de prevenção e redução de resíduos, desenvolvendo o mercado de recursos secundários e que integrem as pequenas e médias empresas do setor já existentes.

A Índia instituiu a gestão dos REEE em leis específicas em 2010 e 2016, porém até o momento apresenta lacunas e distorções em sua aplicação. Os diagnósticos do estudo de caso apontam para uma melhor articulação dos órgãos governamentais com o mercado e a sociedade com o propósito de alcançar maior sinergia na implantação das referidas regulamentações, clarificando as

responsabilidades das partes envolvidas. Recomenda-se que as esferas de governo atuem em parcerias público-privadas na conscientização e capacitação do mercado e da sociedade, como também de suas estruturas governamentais ao tema de gestão dos REEE. Se de um lado, a sociedade deve ser conscientizada ao consumo sustentável e ao descarte adequado dos REEE; de outra parte o governo necessita movimentar os produtores/importadores a implantar a infraestrutura de redes de logística reversa dos REEE e passem a aplicar a taxa de reciclagem antecipada para a formação de fundos de subsídios ao sistema. Além disso, os trabalhadores envolvidos no manuseio e reciclagem dos REEE (formais e informais) precisam ser capacitados e conscientizados ao desempenho de suas atividades em condições seguras à saúde humana e ao meio ambiente, alinhando à diretriz nacional de formar mão de obra qualificada e inovadora. Entretanto, aponta-se que o governo atue com maior rigor na fiscalização e controle da importação de EEE usados e seus resíduos, bem como nas doações às ONGs do país; vincule estratégias nacionais como *Make in Índia* e *Índia Digital* às regulamentações de gestão dos REEE e; associe a gestão dos REEE à regulamentação da gestão dos resíduos sólidos urbanos, haja visto que os governos municipais agem na separação e canalização dos REEE entre os demais resíduos urbanos (ARYA; KUMAR, 2020; GARG, 2021; JOON; SHAHRAWAT; KAPAHI, 2017; PATHAK *et al*. 2017; PRIYADARSHINI; ABHILASH, 2020; SHARMA; JOSHI; GOVINDAN, 2021).

Nesse contexto, esses autores indicam que os sistemas de responsabilidade estendida ao produtor sejam inclusivos, integrando os trabalhadores em suas diferentes situações (informais, semi formalizados, pequenas empresas, associados ou cooperados) para o desenvolvimento do mercado secundário de recursos no país, que se interrelacione com o mercado de reparos e reuso dos EEE usados. Embora as medidas elencadas sejam primordiais à gestão dos REEE na Índia, as análises propõem que essas estejam fundamentadas nos princípios da economia circular de redução, reuso e reciclagem, ou seja, produtores incorporem projetos de ecodesign e produção mais limpa e todas as partes envolvidas fomentem a mineração urbana. Essas medidas viabilizam a reintrodução de materiais por vezes escassos nas cadeias produtivas, reduzem os volumes de resíduos e promovem mudanças estruturantes no mercado e na sociedade rumo a transição da economia para sistemas circulares. Para tal são necessários investimentos em pesquisas e tecnologias digitais que mapeiem

a geração e reciclagem desses resíduos no mercado formal e informal, fornecendo dados confiáveis de suporte à tomada de decisões.

Na China as análises ressaltam a incorporação da promoção da economia circular na legislação nacional e em suas diretivas setoriais como dos REEE a partir de 2008. A adoção da economia circular como estratégia nacional norteia as partes envolvidas, porém estudos acrescentam medidas essenciais à sua transição, considerando as realidades do país. Nesse sentido, preconiza-se a inclusão de metas de coleta de REEE aos produtores na regulamentação de gestão dos REEE, bem como seja revisto a priorização de reciclagem dos REEE, atualmente centrada nos resíduos de médio e grande porte. Com o aumento das rendas individuais as compras de novos EEE de pequeno porte se tornaram mais frequentes e; sem políticas que priorizem o reuso e reciclagem desses equipamentos esses se avolumam em residências e no mercado informal. Além disso, embora perceba-se forte atuação do governo nacional em determinar diretrizes ao mercado e à sociedade, indica-se intensificar ações que elevem a conscientização da população ao consumo sustentável e ao descarte adequado dos REEE, assim como de articulações iniciadas no governo que resultem em maior envolvimento dos produtores de EEE no mercado de reciclagem em cooperação com as recicladoras (GU *et al*., 2017; GU *et al.,* 2018; GUO *et al*., 2017; HOU *et al*., 2020; LI; LU, 2021; LIU *et al*., 2019; LIU *et al*., 2021; STEUER; RAMUSCH; SALHOFER, 2018; SUN *et al*., 2020; THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2021; TONG; TAO; LIFSET, 2018; WANG *et al*., 2018; ZHAO; BAI, 2021).

Esses autores expõem que o mercado chinês caminha ao longo das últimas décadas na priorização da máxima eficiência dos recursos, evitando o desperdício e a poluição, mas recomenda-se o direcionamento de investimentos também para projetos de *ecodesign*, que facilitem o desmonte e separação dos materiais, reduzindo o alto custo da reciclagem dos REEE no país. Sugere-se que o Estado, dado a grandeza de suas estruturas públicas, privilegiem produtos ecológicos, sustentáveis nas compras governamentais, pois essa ação tem potencial para gerar mudanças estruturantes no mercado. Em adição, propõe-se ampliar os pontos de coleta dos REEE nas diversas regiões do país conforme as realidades locais, aumentando os volumes de resíduos direcionados às recicladoras e; abreviar os fluxos de resíduos entre os comerciantes e recicladores intermediários, que oneram a cadeia de valor dos REEE. Nesse cenário, indica-se a adoção de programas que contemplem a

integração das atividades informais de comercialização e reciclagem dos REEE ao mercado formalizado, sendo mais integrativas do que punitivas. Por fim, o avanço do uso das tecnologias *Big Data* para a gestão dos REEE e das TiCs para os serviços ao usuário final conferirão maior agilidade e precisão dos processos e dados.

A África do Sul não tem legislação específica sobre REEE, mas em 2017 emitiram o plano de gestão de REEE das indústrias, empregando princípios da economia circular. Porém, os estudos salientam que face o aumento exponencial dos volumes desses resíduos no país, a formatação de uma regulamentação própria destacará a gestão dos REEE e suas interfaces com a sociedade e o meio ambiente, incluindo os REEE no grupo prioritário de reciclagem. Para tal, indica-se a articulação pelas esferas de governo com os agentes envolvidos do mercado e da sociedade, integrando o setor informal (catadores e recicladores informais) e buscando a cooperação entre as partes em parcerias público-privadas. Propõe-se que essas parcerias se apliquem na formatação de políticas públicas inclusivas e adaptáveis às realidades locais, na capacitação do setor privado e público, em especial das associações/cooperativas e dos catadores/recicladores informais. As análises apontam a necessidade de viabilizar e assessorar a formação e manutenção de associações e cooperativas de catadores e recicladores informais, garantindo a geração de renda a milhares de trabalhadores e oportunizando sua formalização no mercado (BIMIR, 2020; BOB *et al*., 2017; BORTHAKUR, 2020; DEPARTMENT OF SCIENCE AND INNOVATION, 2021; ERA E-WASTE INDWMP, 2018; FINLAY; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; GODFREY *et al*., 2017; GRANT *et al*., 2019; ICHIKOWITZ; HATTINGH, 2020; INSTITUTE OF WASTE MANAGEMENT OF SOUTHERN AFRICA, 2022; LEDWABA; SOSIBO, 2017; LIECHTI, 2008; LYDALL; NYANJOWA; JAMES, 2017; PIENAAR *et al*., 2020; POSTMAN *et al*., 2019; SAMSON, 2021; SCHENCK *et al*., 2019; UHUNAMURE *et al*., 2021).

Nesse sentido, esses autores recomendam o desenvolvimento de pesquisas sobre REEE e de inovações técnicas e sociais de manuseio e reciclagem desses resíduos, que forneçam dados consistentes à tomada de decisão e conduzam à uma economia ecológica no país. Em complemento, preconiza-se a ampliação dos meios, formas (*online*, compensação monetária) e pontos de coleta dos REEE com um planejamento espacial do território, abrangendo a maior parte da população e das organizações e evitando sobreposições de partes envolvidas e de atividades. Outrossim, sugere-se maior rigor na fiscalização das importações de EEE usados e

de REEE, assim como das doações às ONGs ativas na África do Sul. Contudo, sob essas perspectivas, aponta-se que a conscientização das partes envolvidas do governo, mercado formal/informal e da sociedade é vital para construção dessas mudanças. A população precisa ser sensibilizada ao descarte adequado dos REEE, os trabalhadores devem reivindicar condições de trabalho seguras à sua saúde e ao meio ambiente, como também o governo e mercado precisam construir a infraestrutura capaz de coletar e processar os volumes de REEE.

Em síntese, o Quadro 66 – BRICS: proposições à gestão dos REEE apresenta as principais recomendações identificadas nos estudos de casos dos países do BRICS observados no segmento de governo, mercado e sociedade.

Quadro 66 - BRICS: proposições à gestão dos REEE

Países do BRICS/ Proposições gestão REEE	Brasil	Rússia	Índia	China	África do Sul
Maior protagonismo das esferas de governo na articulação e sinergia entre as partes envolvidas para a gestão dos REEE	x	x	x	x	x
Maior protagonismo das metrópoles na gestão dos REEE	x	x	x	x	x
Integração e atualização das regulamentações sobre a gestão do REEE		x			x
Digitalização dos processos inerentes à gestão dos REEE para disponibilização de dados com maior rapidez e precisão	x	x	x	x	x
Educação ambiental e campanhas de conscientização da sociedade e organizações ao descarte adequado dos REEE e ao consumo sustentável	x	x	x	x	x
Capacitação continuada ao setor público e privado (formal e informal) para a gestão sustentável dos REEE	x	x	x	x	x
Parcerias público privadas ao desenvolvimento do mercado secundário de recursos	x	x	x	x	x
Desenvolvimento de tecnologias alternativas de reciclagem	x	x	x	x	x
Sistemas de responsabilidade ao produtor inclusivos, que integrem o setor informal e as pequenas empresas	x	x	x	x	x

Incentivos à formação e capacitação de associações/cooperativas de catadores/recicladores	x		x		x

Fonte: Elaborado a partir de: Abu-Qdais e Kurbatova (2022), Albrecht, Yarovoy e Karginova-Gubinova (2020), Alves *et al.* (2019), Anna, Machado e De Brito (2015), Arya e Kumar (2020), Bimir (2020), Bob *et al*. (2017), Borthakur (2020), Caetano *et al.* (2019), De Albuquerque *et al.* (2020), De Oliveira *et al.* (2020), Department of Science and Innovation (2021), Dorokhina e Kharchenko (2021), Era E-Waste Indwmp (2018), Ferreira, Gonçalves-Dias e De Carvalho Vallin (2019), Finlay, Ichikowitz e Hattingh (2020), Garg (2021), Ghisolfi *et al*. (2017), Giese *et al*. (2021), Godfrey *et al*. (2017), Grant *et al*. (2019), Gu *et al*. (2017), Gu *et al. (*2018), Guo *et al*. (2017), Gutman e Teslya (2020), Heidemann e Bogdanov (2022), Hou *et al.* (2020), Ichikowitz e Hattingh (2020), Institute of Waste Management of Southern Africa (2022), Joon, Shahrawat e Kapahi (2017), Ledwaba e Sosibo (2017), Li e Lu (2021), Liechti (2008), Liu *et al*. (2019), Liu *et al*. (2021), Liubarskaia, Piliavsky e Putinceva (2021), Lopes dos Santos (2020), Lopes dos Santos e Jacobi (2021), Lydall, Nyanjowa e James (2017), Maalouf *et al*. (2020), Markova, Morozenko e Vakhrusheva (2019), Maryev e Smirnova (2021), Monteiro (2019), Pathak *et al*. (2017), Pedro *et al.* (2021), Pienaar *et al*. (2020), Postman *et al*. (2019), Priyadarshini e Abhilash (2020), Russian Government (2021), Samson (2021), Schenck *et al*. (2019), Sharma, Joshi e Govindan (2021), Steuer, Ramusch e Salhofer (2018), Sun *et al.* (2020), The State Council of the People's Republic of China (2021), Tong, Tao e Lifset (2018), Uhunamure *et al*. (2021), Universidade de São Paulo (2021), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2021), Valente *et al.* (2021), Vasilenok *et al*. (2021), Wahrlich *et al.* (2017), Wang *et al*. (2018), Wiesmeth e Starodubets (2020), Xavier, Veit e Bernardes (2017), Zhao e Bai (2021)

Verifica-se nas análises das proposições de melhoria da gestão dos REEE nos países do BRICS que o protagonismo das esferas de governo na articulação das partes envolvidas com o propósito de construir um ambiente de sinergia e de parcerias público privadas são tidas como vitais ao êxito das políticas relacionadas ao setor. Mesmo na Rússia e na China, onde há forte presença do Estado na economia, indica-se maior envolvimento do governo junto aos produtores/importadores/distribuidores na estruturação dos sistemas de responsabilidade estendida ao produtor. Contudo, propõe-se a ação ativa dos governos municipais na articulação dos envolvidos na gestão dos REEE em conjunto com as esferas regionais e nacionais, pois é nas cidades que as realidades locais se destacam e onde as políticas e ações precisam ser ajustadas a fim de alcançar os objetivos almejados. Observa-se que cidades desses países como São Paulo, Pequim, Moscou, Joanesburgo e Nova Delhi atuam com sucesso na conscientização da sociedade, em parcerias público privadas de capacitação das partes e mesmo em atividades de execução e gestão dos REEE. Nesse sentido, aponta-se que as legislações sobre a gestão dos REEE devem ser atualizadas, clarifiquem as responsabilidades dos agentes, sejam adaptáveis às capacidades e problemáticas locais e integradas às demais regulamentações correlatas. Para tal, a digitalização dos processos empregando tecnologias *Big Data* na gestão dos REEE e das TiCs nos serviços ao usuário final viabilizam o

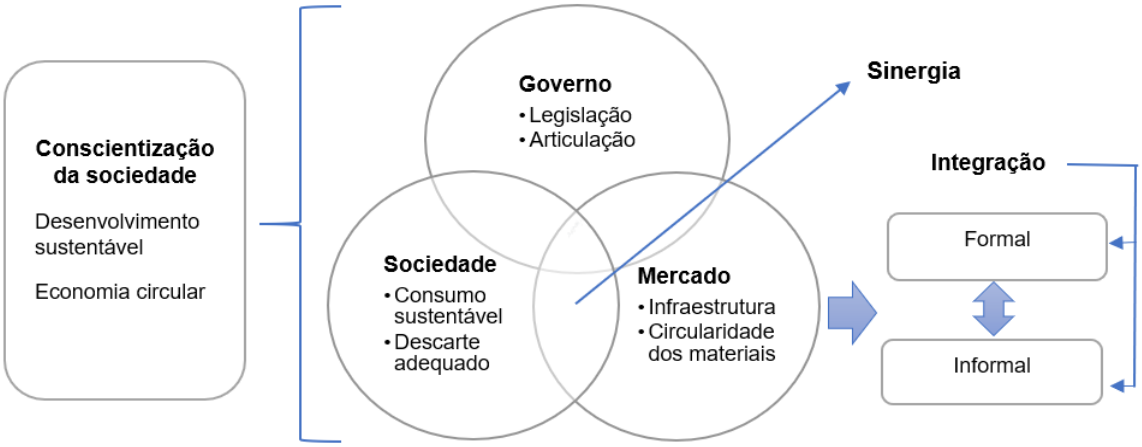
fornecimento de dados sobre a geração e reciclagem de REEE mais precisos e com maior velocidade à tomada de decisões.

Todavia, os estudos consideram determinante a conscientização da sociedade e das organizações públicas e privadas aos temas relacionados à gestão dos REEE, para o avanço sustentável da gestão desses resíduos à circularidade dos materiais, à saúde humana e à preservação do meio ambiente. Com esse fim é fundamental implementar programas de conscientização da sociedade em complemento à educação ambiental da população. Além disso, indica-se a capacitação das partes envolvidas (governo, mercado formal/informal e sociedade) desenvolvendo capital humano com habilidades técnicas e administrativas para a gestão dos REEE. Em especial, recomenda-se a capacitação aos catadores/recicladores informais e às cooperativas/associações de catadores/recicladores, com qualificação técnica e administrativa que lhes possibilitem realizar as atividades de forma segura e adequada, bem como auxilie as cooperativas/associações à sua formalização e manutenção.

Para a estruturação e implementação dessas proposições indica-se a formação de parcerias público privadas, que podem atuar em diferentes atividades na cadeia de valor dos REEE no desenvolvimento do mercado secundário de recursos. Outrossim, as parcerias podem maximizar o progresso de tecnologias (técnicas e sociais) aplicadas ao manuseio, pré-processamento e reciclagem dos REEE nesses países. Todavia, preconiza-se que o desenvolvimento desse mercado e em particular dos sistemas de responsabilidade ao produtor integrem as atividades desempenhadas pelos catadores/recicladores informais, bem como as pequenas empresas de comércio/reparo/reciclagem de REEE já atuantes no mercado, garantindo os meios de subsistência a milhares de pessoas nos países do BRICS.

Percebe-se, portanto, a partir das análises realizadas nos países do BRICS que é primordial investir na conscientização da sociedade na gestão dos REEE, tanto do governo, do mercado quanto da sociedade a fim de que as recomendações propostas alcancem os objetivos projetados. A Figura 45 – BRICS: conscientização da sociedade e a gestão dos REEE apresenta resultantes positivas na interação entre governo, mercado e sociedade em atividades relacionadas à gestão desses resíduos nos países do BRICS.

Figura 45 - BRICS: conscientização da sociedade e a gestão dos REEE.



Fonte: Autoria própria (2023), a partir do Quadro 66 - BRICS: proposições à gestão dos REEE

Nota-se pelas análises dos países e de metrópoles do BRICS, que sociedades que apresentam maior conscientização ambiental e social pelas organizações e residentes demonstram ter mais ações voltadas à gestão sustentável dos REEE. O governo inclina-se a legislar de forma mais específica à gestão dos REEE e articular as partes envolvidas para que o mercado estruture e implemente os sistemas de responsabilidade ao produtor, promovendo a reintrodução de materiais secundários nas cadeias produtivas, bem como o descarte desses resíduos seja realizado pela população de forma adequada.

Entretanto, percebe-se que quando políticas e ações à gestão dos resíduos e dos REEE são alinhados aos princípios da economia circular de redução, reuso e reciclagem destacados por Macarthur (2020, *online*) e; são somados aos preceitos do desenvolvimento sustentável refletindo as dimensões econômica, social, ambiental e institucional da sustentabilidade, os agentes do governo, mercado e sociedade tendem a interagir com maior nível de cooperação e em parcerias público-privadas. Essas associações constroem um ambiente de sinergia entre as partes envolvidas que traçam objetivos para além de soluções ambientais paliativas e do retorno financeiro imediato, mirando também para as relações sociais e econômicas historicamente construídas que compõem o mercado de recicláveis e dos REEE. Nesse sentido, políticas e ações correlatas levam em conta o setor informal de coleta/reparo/reciclagem dos REEE e buscam integrar as atividades informais no desenvolvimento do mercado secundário de recursos.

Cabe observar que em nenhum dos países do BRICS foi identificado um ambiente nacional em estado de sinergia avançada na gestão dos REEE. No entanto,

identifica-se projetos e políticas que iniciam esse olhar mais abrangente e incluem medidas que levem em conta as particularidades de cada local, seja à nível nacional como também local, sobretudo nas metrópoles.

Verifica-se na Rússia e na China cujo mercado é direcionado à maximização de recursos e redução de resíduos, seja para diminuir a canalização de resíduos aos aterros e/ou para conter a poluição, as políticas e ações primam pela circularidade de materiais priorizados, sem ações que considerem e integrem o setor informal, exceto por medidas de fiscalização e de aplicação de multas.

Por outro lado, o Brasil, Índia e África do Sul reconhecem as atividades dos trabalhadores autônomos/informais nas legislações de gestão dos resíduos e dos REEE, bem como preveem sua integração nos sistemas de responsabilidade estendida/compartilhada ao produtor. Porém, dado as complexidades e limitações pontuadas nas análises realizadas nesse estudo, a implementação dessas políticas carecem de uma estratégia nacional e o encadeamento de programas regionais e locais que promovam sinergia e inclusão do setor informal, sendo algo em construção e identificado em projetos focalizados.

Contudo, nota-se nesses países diretrizes, projetos piloto e programas exitosos que podem ser compartilhados e ajustados a cada realidade entre os BRICS. São exemplos a estratégia nacional de promoção da economia circular da China e a instalação de usinas de reciclagem de REEE em várias regiões do país, a implantação dos eco parques na Rússia, a formação e atuação das associações e cooperativas de catadores no Brasil, o programa nacional de desenvolvimento de habilidades da Índia e a orientação nacional da África do Sul para a economia ecológica.

A estruturação e implantação dessas políticas e ações à gestão dos REEE contêm aspectos importantes que as fundamentam, identificados nos estudos de casos dos países do BRICS que são apresentados e validados a seguir.

4.6.4 Apreciação das proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS (Objetivo específico 4)

A fundamentação teórica, os estudos individualizados da gestão dos REEE no Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, bem como a análise cruzada desses casos propiciou a estruturação de uma matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no âmbito dos países do BRICS disposta no Quadro 67 e sintetizado no Quadro 68.

A construção dessas matrizes está alinhada à justificativa teórica apresentada na seção 1.5.1 dessa tese, que busca interligar os conceitos e princípios da economia circular e do desenvolvimento sustentável na gestão dos REEE dos BRICS, com um olhar sobre o ambiente local, em especial das metrópoles, conforme exposto por Leite e Awad (2012).

Os Quadros 67 e 68 são elaborados a partir das referências da seção 4 - Resultados e análises dos estudos de casos, alinhados à seção 2 – Fundamentação teórica e; apresenta tópicos salientados nas análises dos BRICS, considerando os princípios da economia circular e das dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social e institucional.

Com base nessas matrizes, onde a categoria de contexto é a política de gestão dos REEE nos países do BRICS e as categorias de análise são as dimensões da sustentabilidade consideradas, os itens a serem avaliados compõem os aspectos mensurados na entrevista semiestruturada.

No Quadro 68 - BRICS: matriz síntese de aspectos importantes à gestão dos REEE são categorizados e escalonados em dois níveis. Pela categoria nível um, composta pelas unidades de análise da matriz de relevância, na dimensão ambiental os aspectos destacados são: (i) orientação da sociedade; (ii) impactos ambientais e; (iii) recursos finitos. Na sequência, na dimensão econômica são evidenciados os seguintes pontos: (i) modelos de negócios vinculados à redução e gestão dos REEE e; (ii) geração de renda. Na dimensão social são ressaltadas duas temáticas: (i) atores envolvidos e; (ii) setor informal. Por fim, na dimensão institucional são enfatizados aspectos em quatro categorias: (i) papel do Estado; (ii) composições legais e institucionais; (iii) legislação sobre responsabilidades e; (iv) cidades (metrópoles).

Quadro 67 - Matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE nos BRICS

Categoria: Tema da Tese: Políticas de gestão dos REEE nos países dos BRICS				
Categoria de Análise	**Unidade de Análise**	**Unidade de Contexto**	**Instrumento/ forma de coleta dados**	**Entrevista semiestruturada:** **Matriz de Relevância:** **Escala de pontuação: entre 1 e 10**
Dimensões da Sustentabilidade	**Alinhamento conceitual para o *framework***	**O que ou porque vai ser analisado:**		**Item a ser avaliado**
Ambiental	Orientação social	A conscientização da sociedade é fundamental para a eficácia da redução e gestão dos REEE?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Educação ambiental Conscientização da sociedade
	Impactos ambientais	Quais fatores são fundamentais à mitigação dos riscos ambientais e à saúde humana?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Gestão de riscos ambientais e à saúde humana Redução da geração de resíduos e da poluição Planejamento urbano
	Recursos finitos	Quais fatores são fundamentais para a redução da pressão sobre os recursos naturais finitos?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Logística reversa Sistemas produtivos circulares Ecodesign Mineração urbana Consumo sustentável
Econômica	Modelos de negócios vinculados à redução e gestão dos REEE	Quais fatores são fundamentais para modelos de negócios vinculados a redução e gestão dos REEE?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Modelos de negócios circulares Infraestrutura ao mercado secundário Tecnologias alternativas à reciclagem Viabilidade econômica Sistema nacional de reciclagem adequado às capacidades regionais e locais
	Geração de renda	Os processos envolvidos para a redução e gestão dos REEE geram oportunidade de geração de renda individual e coletiva?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Oportunidade de geração de renda Inclusão e progresso social Empreendedorismo
Social	Atores envolvidos	Identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE nos países do BRICS.	Revisão sistemática Matriz de relevância	Reconhecimento e integração do trabalho informal
		A integração entre os atores é relevante à eficácia da gestão dos REEE?		Sinergia e articulação entre as partes envolvidas
	Setor informal	Quais fatores viabilizam a formalização e qualificação do trabalho informal nos	Revisão sistemática Matriz de relevância	Incentivos públicos à formalização Qualificação pública-privada

		processos que envolvem os REEE?		Cooperativas e associações de catadores
Institucional	Papel do Estado	O Estado tem potencial para transformar ideais globais em políticas e práticas locais?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Adequação de ideais globais em polítcas e práticas locais. Articulação das partes envolvidas Capacitação das organizações públicas e privadas Leis e acordos internacionais
	Composições legais e institucionais	Há legislação sobre a gestão dos REEE? Há legislação para reduzir REEE? Há acordos setoriais/termos de compromisso?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Legislação nacional específica sobre REEE Legislação regional e local sobre REEE Parcerias público-privadas Subsídios e incentivos públicos à cadeia de valor da reciclagem Fundo nacional de subsídios à reciclagem Cooperação e parcerias intrarregionais
	Legislação sobre responsabilidades	A responsabilidade estendida ao produtor é suficiente para a redução e eficácia da gestão dos REEE ou a responsabilidade compartilhada produtor-consumidor é a mais indicada?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Responsabilidade estendida ao produtor Responsabilidade compartilhada produtor-consumidor Organizações de Responsabilidade do Produtor
	Cidades (Metrópoles)	As cidades podem assumir o protagonismo na redução e gestão dos REEE?	Revisão sistemática Matriz de relevância	Protagonismo das metrópoles na redução e gestão dos REEE.
		As premissas de cidades inteligentes e sustentáveis refletem positivamente na redução e gestão dos REEE?		Aplicação dos conceitos de cidades sustentáveis Aplicação de soluções em TI das *smart cities*

Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 68 - BRICS: matriz síntese de aspectos importantes à gestão dos REEE

Matriz síntese de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS		
Dimensões da Sustentabilidade	Categoria Nível 1	Categoria Nível 2
Ambiental	Orientação da sociedade	Educação ambiental. Conscientização da sociedade ao descarte adequado.
	Impactos ambientais	Gestão de riscos ambientais e à saúde humana. Redução da geração de resíduos e da poluição. Planejamento urbano.
	Recursos finitos	Logística reversa. Sistemas produtivos circulares. Ecodesign. Mineração urbana. Consumo sustentável.
Econômica	Modelos de negócios vinculados à redução e gestão dos REEE	Modelos de negócios circulares. Mercados que viabilizem a circulação de materiais secundários. Desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de materiais. Viabilidade econômica. Políticas nacionais adequadas às capacidades regionais.
Social	Geração de renda	Oportunidade de geração de renda individual e coletiva. Inclusão e progresso social. Empreendedorismo.
	Atores envolvidos	Reconhecimento e integração do trabalho informal. Sinergia entre as partes envolvidas.
	Setor informal	Incentivos públicos à formalização. Qualificação pública-privada do setor informal. Cooperativas e associações de catadores.
Institucional	Papel do Estado	Adequação de ideais globais em políticas e práticas locais. Articulação das partes envolvidas. Capacitação das organizações públicas e privadas.
	Composições legais e institucionais	Leis e acordos internacionais. Legislação nacional específica sobre REEE. Legislação regional e local sobre REEE. Parcerias público-privadas. Subsídios e incentivos públicos à cadeia de valor da reciclagem. Fundo nacional de subsídios à reciclagem. Cooperação e parcerias intrarregionais.

	Legislação sobre responsabilidades	Responsabilidade estendida ao produtor. Responsabilidade compartilhada produtor-consumidor. Organizações gestoras de responsabilidade do produtor.
	Cidades (Metrópoles)	Protagonismo das metrópoles na redução e gestão dos REEE. Aplicação dos conceitos de cidades sustentáveis. Aplicação de soluções em TI (tecnologia da informação) das *smart cities*.

Fonte: Autoria própria (2023)

No segundo nível de categorização são detalhados aspectos relevantes à gestão dos REEE sinalizados nos estudos de caso e associados às temáticas do primeiro nível. Esses tópicos são pontuados e validados em escala linear entre 1 e 10 de importância por especialistas técnicos e científicos dos cinco países do BRICS, por meio de entrevista *online* semiestruturada (Apêndice B e C), seguindo os pressupostos conceituais expostos na Figura 2 da seção 1.5.1 e pelo protocolo de pesquisa adotado nessa tese aprovado pelo Comitê de Ética da UTFPR conforme Parecer Nº 5.701.293 de 14 de outubro de 2022. O quadro de entrevistas semiestruturados aplicadas é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – BRICS: pontuação dos especialistas aos aspectos importantes à gestão dos REEE

(continua)

País do BRICS	Brasil							Rússia			Índia			China	África do Sul	
Especialista	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**	**Q**
Dimensão ambiental																
Educação ambiental:	10	10	10	10	8	10	10	6	8	6	8	10	7	9	6	9
Conscientização da sociedade ao descarte adequado:	10	10	7	9	10	9	10	8	8	6	9	10	5	9	10	9
Gestão de riscos ambientais e à saúde humana:	10	10	6	10	10	9	10	6	10	5	10	7	4	9	6	10
Redução da geração de resíduos e da poluição:	10	8	9	10	8	10	8	10	10	3	6	10	4	9	7	9
Planejamento urbano:	10	8	9	8	8	8	8	4	10	4	9	10	4	7	5	7
Logística reversa:	10	8	8	10	10	8	10	5	10	4	6	10	4	7	8	7
Sistemas produtivos circulares:	10	7	10	10	9	10	10	5	10	3	5	8	4	8	9	8
Ecodesign:	10	7	10	9	9	10	8	3	10	4	4	6	3	8	9	
Mineração urbana:	10	6	8	8	9	8	10	5	9	5	8		4	8	10	8
Consumo sustentável:	10	8	10	9	9	10	8	6	9	5	9	8	6	9	9	7
Dimensão econômica																
Modelos de negócios circulares:	10	10	10	9	9	10	10	8	10	4	9	7	3	8	10	9
Mercados que viabilizem a circulação de materiais:	10	9	9	8	9	10	10	7	10	5	9	8	3	6	10	10
Desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem:	10	8	8	8	10	9	10	8	10	6	6	9	3	9	10	8
Viabilidade econômica:	10	10	10	9	10	8	8	5	10	6	9	9	3	7	9	8
Políticas nacionais adequadas às capacidades regionais:	10	10	7	9	9	7	8	9	7	4	9	7	2	9	9	7
Oportunidade de geração de renda individual e coletiva:	10	10	9	9	9	8	10	6	9	5	7	8	2	9	7	7
Inclusão e progresso social:	10		9	9	9	10	10	4	7	3	10	6	2	9	7	7
Empreendedorismo:	1		9	9	8	8	10	4	6	4	10	9	2	8	9	7
Dimensão social																
Reconhecimento e integração do trabalho informal:	10	10	8	8	9	9	10	5	7	2	9	9	2	7	5	8
Incentivos públicos à formalização:	10	10	8	8	10	8	10	8	8	8	9	5	1	8	4	6

Tabela 10 – BRICS: pontuação dos especialistas aos aspectos importantes à gestão dos REEE

(conclusão)

Qualificação pública-privada do setor informal:	10	10	9	8	9	9	10	8	7	2	8	5	3	9	3	7
Cooperativas e associações de catadores:	10	10	8	7	8	9	10	5	9	1	7	10	2	8	5	6
Sinergia entre as partes envolvidas:	10	10	8	10	10	10	10	6	8	5	8	10	2	9	8	6
Dimensão institucional																
Adequação de ideais globais em políticas locais:	10	7	8	9	8	10	8	7	9	6	8	10	3	10	9	6
Articulação das partes envolvidas:	10	10	9	10	10	10	10	4	8	7	8	10	1	10	6	7
Capacitação das organizações públicas e privadas:	10	9	10	8	9	10	10	4	8	4	7	5	3	10	8	10
Leis e acordos internacionais:	10	5	7	8	9	10	10	1	9	7	9	1	1	9	9	7
Legislação nacional específica sobre REEE:	10	10	8	8	9	10	10	7	9	7	10	10	1	10	10	10
Legislação regional e local sobre REEE:	1	10	8	8	8	8	8	7	10	5	10	10	1	10	4	10
Parcerias público-privadas:	10	9	8	8	9	8	8	6	8	6	10	5	1	9	7	8
Subsídios e incentivos públicos à reciclagem:	1	10	5	8	10	8	10	8	7	8	8	4	2	10	3	5
Fundo nacional de subsídios à reciclagem:	1	10	5	8	8	10	10	8	7	7	9	8	3	9	4	5
Cooperação e parcerias intrarregionais:	10	10	7	9	9	9	10	8	7	9	9	5	2	9	8	6
Responsabilidade estendida ao produtor:	10	10	8	7	8	10	10	8	10	4	9	9	3	9	10	8
Responsabilidade compartilhada produtor-consumidor:	1	8	8	9	10	7	10	3	10	7	9	10	2	9	6	6
Organizações gestoras de Responsabilidade do Produtor:	10	10	7	7	8	10	10	8	8	4	9	1	4	9	10	6
Protagonismo das metrópoles na gestão dos REEE:	10	9	10	8	9	9	10	6	10	3	9	8	3	9	7	10
Aplicação dos conceitos de cidades sustentáveis:	10	8	10	9	7	10	10	3	9	4	9	5	3	8	6	8
Aplicação de soluções em TI das smart cities:	10	8	10	8	10	8	10	5	8	7	9	2	2	9	8	6

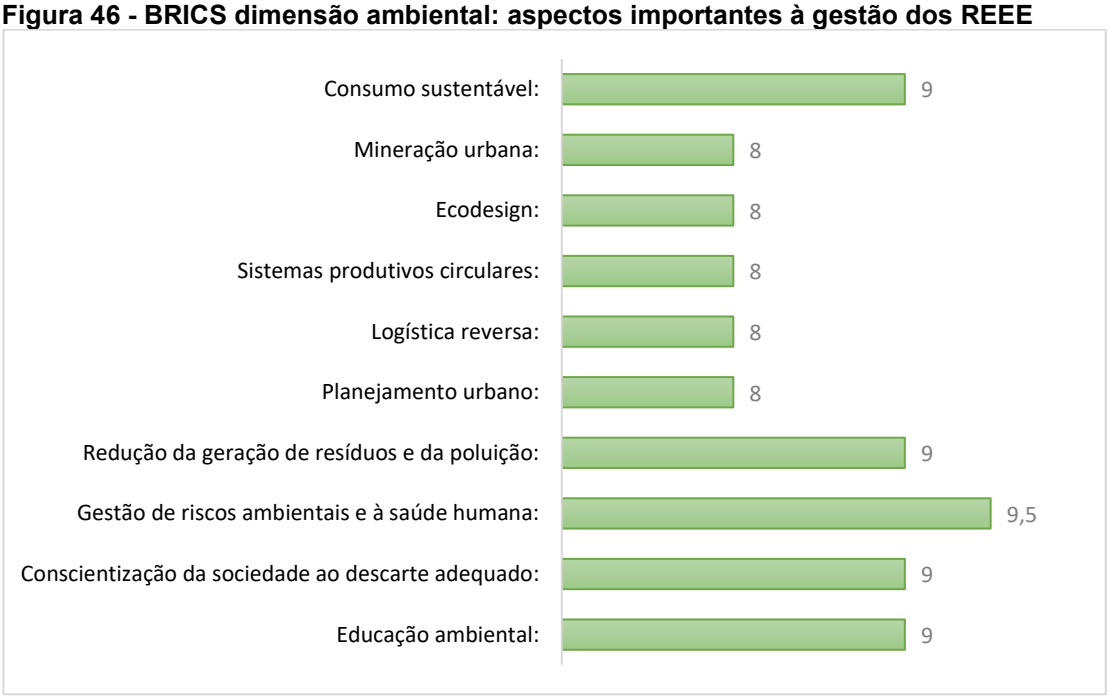
Fonte: Autoria própria (2023)[17]

[17] As pontuações foram compiladas das respostas às entrevistas online semiestruturadas via ferramenta do google forms.

O quadro de entrevistados é composto por 16 especialistas, sendo sete no Brasil, três na Rússia, três na Índia, um na China e dois na África do Sul. Verifica-se de forma ampla que os especialistas do Brasil e da China atribuíram pontuações mais elevadas aos tópicos relacionados do que os especialistas da Rússia, Índia e África do Sul, onde nota-se também variações significativas de pontuação entre os especialistas entrevistados. Assim, para a análise das pontuações é empregado a medida estatística mediana a fim de estabelecer a tendência central dos dados, corrigindo as distorções de extremos elevadas e baixas.

Nas Figura 46 – BRICS dimensão ambiental: aspectos importantes à gestão dos REEE, Figura 47– BRICS dimensão econômica: aspectos importantes à gestão dos REEE, Figura 48 – BRICS dimensão social: aspectos importantes à gestão dos REEE e Figura 49 – BRICS dimensão institucional: aspectos importantes à gestão dos REEE são apresentados a mediana de cada aspecto avaliado pelos especialistas.

Figura 46 - BRICS dimensão ambiental: aspectos importantes à gestão dos REEE



Fonte: Autoria própria (2023)

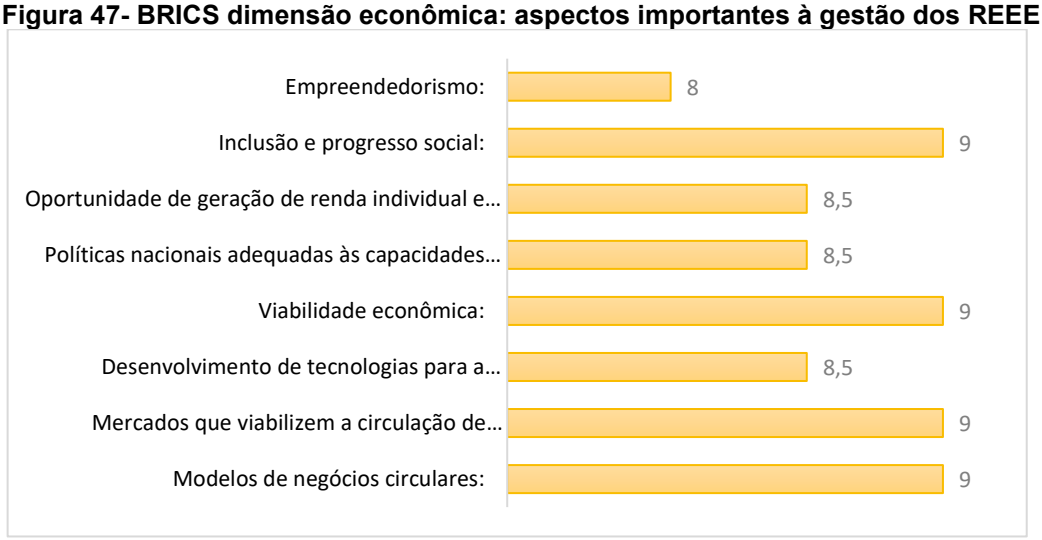
Verifica-se na dimensão ambiental que os aspectos mais relevantes pontuados pelos especialistas à gestão dos REEE se relacionam às três categorias de Nível 1. Na categoria de impactos ambientais se destacam a gestão dos riscos ambientais e à saúde humana com mediana de 9,5 e a redução da geração de resíduos e da poluição com 9,0. Na sequência, foi evidenciado a orientação à

sociedade, na qual a educação ambiental e a conscientização da sociedade ao descarte adequado obtiveram a mediana das escalas 9,0, em paralelo à preservação dos recursos finitos onde o consumo sustentável igualmente apresentou a mediana 9,0. Em um segundo nível de escala, os temas logísticos reversa, sistemas produtivos circulares, *ecodesign*, mineração urbana e planejamento urbano apresentaram a mediana 8,0.

Percebe-se o senso comum de direção à redução da geração dos resíduos e dos impactos à saúde humana e ao meio ambiente, para qual as ações devem se concentrar na educação ambiental e na conscientização da sociedade para o descarte adequado e consumo sustentável. E, segundo as análises dos estudos de casos, pela conscientização das partes envolvidas viabiliza-se a implementação de sistemas de logística reversa, mineração urbana, projetos de *ecodesign* e cadeias produtivas circulares, com reflexos inclusive no planejamento das cidades e vice-versa.

Nos comentários a essa dimensão os especialistas entrevistados destacam o valor das questões ambientais como base para as demais dimensões da sustentabilidade, pois o meio ambiente molda as relações econômicas, sociais e institucionais, suprindo e/ou limitando essas atividades. Além disso, reforçam a instituição de políticas e ações para a educação ambiental e a conscientização da sociedade em relação direta a resultantes positivas na gestão sustentável dos REEE. Igualmente são destacados que a obsolescência programada dos EEE aumenta o descarte dos REEE e é preciso viabilizar economicamente o consumo sustentável e os sistemas produtivos circulares.

Figura 47- BRICS dimensão econômica: aspectos importantes à gestão dos REEE



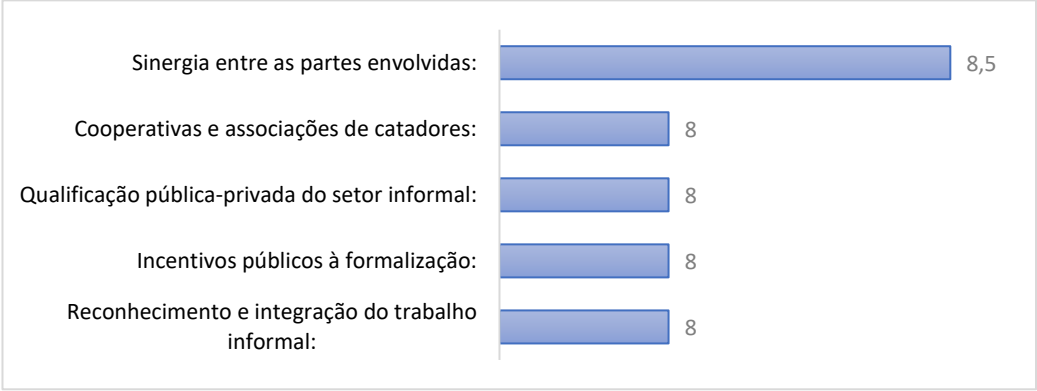
Fonte: Autoria própria (2023)

Na dimensão econômica, constata-se que nos aspectos relacionados à categoria de modelos de negócios vinculados à redução e gestão dos REEE foram atribuídas as maiores notas, onde o tópico modelo de negócios circulares, mercados que viabilizem a circulação de materiais secundários e viabilidade econômica obtiveram a mediana de 9,0. Igualmente a esses a questão da inclusão e progresso social vinculada à categoria geração de renda apresentou a mediana 9,0. Entre o intervalo de medianas 8,0 e 8,9 situaram-se as temáticas de desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem, políticas nacionais adequadas às capacidades regionais e oportunidades de geração de renda individual e coletiva com mediana 8,0. O empreendedorismo aplicado ao setor de REEE alcançou a mediana 8,0.

Compreende-se pelos estudos realizados e validados pelos especialistas que é preciso promover o desenvolvimento do mercado de recursos secundários, investindo em tecnologias de reciclagem e em modelos de negócios circulares e economicamente viáveis. Por conseguinte, há a geração de renda individual e coletiva, oportunizando a inclusão e o progresso social.

Todavia, a instituição de políticas públicas correlatas norteia e clarifica as responsabilidades dos agentes envolvidos. Conforme comentários dos especialistas entrevistados nessa dimensão os produtores/distribuidores e o Estado devem ser os responsáveis maiores pela gestão dos REEE. Porém, cabe ao Estado impulsionar o desenvolvimento de tecnologias e a indústria de reciclagem nacional em parcerias público-privadas, promovendo a transição da economia de modelos lineares para a economia circular.

Figura 48 - BRICS dimensão social: aspectos importantes à gestão dos REEE



Fonte: Autoria própria (2023)

Na dimensão social, destaca-se pela categoria atores envolvidos a sinergia entre as partes envolvidas com uma mediana de 8,5. Os demais tópicos como

reconhecimento e integração do trabalho informal, incentivos públicos à formalização, qualificação pública-privada do setor informal e cooperativas e associações de catadores, que se relacionam aos atores envolvidos, mas também ao setor informal demonstraram a mediana 8,0.

Infere-se que a sinergia entre as partes envolvidas do governo, mercado e sociedade é vital à gestão eficaz dos REEE na implementação de sistemas inclusivos de responsabilidade ao produtor, que oportunizem a integração e qualificação dos trabalhadores informais. Cabe observar que no estudo de caso da Rússia não foram identificadas pesquisas e nem apontados pelos especialistas a existência de trabalhadores informais atuando em atividades inerentes à gestão dos REEE no país.

De outra parte, verifica-se no Brasil casos de sucesso de formalização, qualificação e integração de catadores e cooperativas/associações na gestão dos REEE à exemplo da metrópole São Paulo, enquanto na África do Sul é relatado pelos especialistas e detectado no estudo de caso relacionado entraves em constituir e manter associações/cooperativas de catadores/recicladores no país.

Nessa dimensão os especialistas evidenciam nos comentários finais que modelos de negócios alinhados à economia circular oportunizam a geração de renda, a qualificação e a inclusão social, resultantes da conscientização, articulação e sinergia entre as partes envolvidas.

Pela Figura 49 referentes à dimensão institucional disposta na página a seguir, identifica-se que há aspectos relevantes à gestão dos REEE relacionados às suas quatro categorias de análise, em intervalo de mediana de 8,0 a 10,0, com destaque ao papel do Estado na articulação das partes envolvidas e na implementação de legislação nacional sobre a gestão dos REEE.

O tópico legislação nacional específica sobre REEE, inserido na categoria composições legais e institucionais, alcançou a maior mediana dessa dimensão e de todas as dimensões da sustentabilidade consideradas com 10,0. Na sequência a questão da articulação das partes envolvidas apresentou a mediana de 9,5 e os itens cooperação e parcerias intrarregionais, responsabilidade estendida ao produtor e protagonismo das metrópoles na gestão dos REEE mostraram a mediana de 9,0.

Figura 49 - BRICS dimensão institucional: aspectos importantes à gestão dos REEE

Fonte: Autoria própria (2023)

Entre o intervalo de mediana de 8,0 e 8,9 situam-se os aspectos relacionados à capacitação das organizações públicas e privadas e leis e acordos internacionais com mediana de 8,5, enquanto a adequação de ideais globais em políticas locais, legislação regional e local sobre REEE, parcerias público-privadas, subsídios e incentivos públicos à reciclagem, fundo nacional de subsídios à reciclagem, responsabilidade compartilhada produtor-consumidor, organizações gestoras de responsabilidade do produtor, aplicação dos conceitos de cidades sustentáveis e aplicação de soluções em TI das *smart cities* apresentaram a mediana de 8,0.

Verifica-se nessa dimensão, alinhada às pesquisas realizadas, a relevância à gestão dos REEE da instituição de regulamentações nacionais específicas à gestão dos REEE, com clarificação das responsabilidades e a articulação das esferas de governo com as partes envolvidas para a implementação dos sistemas de responsabilidade ao produtor, com o maior protagonismo das cidades, sobretudo das metrópoles. Nesse sentido, nota-se a necessidade da capacitação dos gestores e técnicos públicos e privados acerca do tema gestão de REEE, bem como do

estabelecimento de cooperações e parcerias público-privadas intrarregionais fundamentados ao desenvolvimento sustentável das cidades. Em adição, a utilização de soluções de TI confere maior precisão e velocidade de dados à gestão dos REEE, tanto aos tomadores de decisão quanto ao usuário final. Por outro lado, políticas e a formação de fundos nacionais para subsídios à cadeia de reciclagem têm demonstrado deficiências em sua aplicação. Nos BRICS a China apresenta déficit crescente no fundo, na Rússia o acesso aos subsídios é demasiado complexo e a Índia apresenta dificuldades na cobrança de taxas de reciclagem pelos produtores para a constituição do fundo nacional, o que denota a necessidade do aprimoramento na implantação e gestão desses fundos.

Os especialistas entrevistados salientam que os países em sua maioria possuem leis e regulamentos à gestão dos REEE, porém carecem de ações que implementem as legislações e diretrizes nacionais. Nesse sentido, um calendário de fóruns de discussão pode criar ambientes favoráveis ao comprometimento dos agentes e estruturação de medidas para a implantação das regulamentações. Esses especialistas observam que os gastos públicos e privados com a pandemia Covid 19 dificultam nesse momento a cobrança adicional de taxas de reciclagem à produção de EEE, bem como de subsídios públicos ao setor de reciclagem.

Nos comentários finais à entrevista online semiestruturada especialistas enfatizam que a instituição de leis sobre a gestão dos REEE é importante, mas a articulação e sinergia entre as partes envolvidas para a implantação das leis é fundamental às soluções transformadoras da sociedade e da economia. Em particular, é necessário estabelecer metas gradativas de reciclagem ao setor, bem como estimular o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que detalhem os diversos aspectos inerentes ao desenvolvimento do mercado de REEE.

Em síntese, o Quadro 69 – BRICS: pontuação mediana de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE lista os tópicos abordados nas entrevistas em ordem decrescente de pontuação atribuída pelos especialistas técnicos e científicos do BRICS na escala linear parametrizada entre 1 e 10, onde 1 é pouco relevante e 10 é muito relevante.

Quadro 69 - BRICS: pontuação mediana de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE

Legislação nacional específica sobre REEE:	10
Gestão de riscos ambientais e à saúde humana:	**9,5**
Articulação das partes envolvidas:	**9,5**
Educação ambiental:	**9**
Conscientização da sociedade ao descarte adequado:	**9**
Redução da geração de resíduos e da poluição:	**9**
Consumo sustentável:	**9**
Modelos de negócios circulares:	**9**
Mercados que viabilizem a circulação de materiais:	**9**
Viabilidade econômica:	**9**
Inclusão e progresso social:	**9**
Cooperação e parcerias intrarregionais:	**9**
Responsabilidade estendida ao produtor:	**9**
Protagonismo das metrópoles na gestão dos REEE:	**9**
Desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem:	8,5
Políticas nacionais adequadas às capacidades regionais:	8,5
Oportunidade de geração de renda individual e coletiva:	8,5
Sinergia entre as partes envolvidas:	8,5
Capacitação das organizações públicas e privadas:	8,5
Leis e acordos internacionais:	8,5
Planejamento urbano:	8
Logística reversa:	8
Sistemas produtivos circulares:	8
Ecodesign:	8
Mineração urbana:	8
Empreendedorismo:	8
Reconhecimento e integração do trabalho informal:	8
Incentivos públicos à formalização:	8
Qualificação pública-privada do setor informal:	8
Cooperativas e associações de catadores:	8
Adequação de ideais globais em políticas locais:	8
Legislação regional e local sobre REEE:	8
Parcerias público-privadas:	8
Subsídios e incentivos públicos à reciclagem:	8
Fundo nacional de subsídios à reciclagem:	8
Responsabilidade compartilhada produtor-consumidor:	8
Organizações gestoras de Responsabilidade do Produtor:	8
Aplicação dos conceitos de cidades sustentáveis:	8
Aplicação de soluções em TI das smart cities:	8

Fonte: Autoria própria (2023)

Desta forma, conclui-se que os 39 aspectos relacionados às dimensões ambiental, econômica, social e institucional da sustentabilidade, que são identificados e categorizados em matriz de análise ao longo dos estudos de casos dos países do

BRICS como importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE desses países, são validados pelos especialistas técnicos e científicos na seguinte proporção conforme disposto na Tabela 11.

Tabela 11 - BRICS: níveis de pontuação mediana dos tópicos

Pontuação mediana/escala	Qt tópicos	**%**
10,0 e 9,0	14	35,90%
8,9 e 8,0	25	64,10%
Total	39	100,00%

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota-se que 35,90% dos aspectos elencados, constituídos por 14 itens, foram pontuados em escala linear mediana entre 10,0 e 9,0 a um *framework* aplicável em políticas de gestão dos REEE nos países do BRICS, enquanto 64,10% formados por 25 tópicos foram pontuados em escala linear média entre 8,9 e 8,0.

A partir dessas validações e da análise cruzada dos estudos de casos dos países do BRICS é possível estabelecer um *framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS, baseado nos princípios da economia circular e na conceitualização de dimensões do desenvolvimento sustentável,

4.6.4.1 *Framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS

Na análise cruzada dos estudos de casos Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul são descritos as composições legais e institucionais relacionados à gestão dos REEE, assim como são identificados os atores, as adversidades e limitações nos processos da cadeia de valor dos REEE, para o qual são exploradas e analisadas proposições de melhoria. Esses conjuntos de análises estão fundamentados conceitualmente na revisão sistemática da literatura desenvolvida na Seção 2 dessa tese e se relacionam aos objetivos específicos da pesquisa, moldando a construção da matriz de aspectos importantes à resultantes positivas sobre a gestão dos REEE nos países do BRICS.

Pelo primeiro objetivo específico da tese de descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS, constata-se que todos os países do BRICS possuem legislações relacionadas à gestão dos REEE e sistemas

de responsabilidade ao produtor. Todavia, verifica-se que em um primeiro estágio esses países instituíram legislações amplas sobre a gestão de resíduos, priorizando classes de resíduos, no qual incluíram determinados tipos de REEE. Ao longo do tempo essas regulamentações incorporaram questões sobre a saúde pública, preservação do meio ambiente e referências à economia circular. Em paralelo, normas especificas à gestão dos REEE foram detalhadas nessas legislações ou foram segregadas em leis específicas. A China estabeleceu como estratégia nacional a transição para a economia circular onde evidenciam os REEE, enquanto o Brasil, Rússia e África do Sul mencionam conceitos da economia circular em suas regulamentações sobre a gestão dos REEE. A Índia possui lei específica à gestão dos REEE, mas não se identificou claramente a inserção dos princípios da economia circular. No que se refere aos instrumentos de gestão dos REEE aplicados, nota-se que enquanto o Brasil e a África do Sul utilizam meios de monitoração nacional, a China e a Índia empregam planos regionais e locais de gestão de REEE. A Rússia faz uso de planos nacionais e regionais de resíduos, sem particularizar os REEE.

Observa-se que em todos os BRICS essas legislações são demandadas pelo primeiro escalão do governo e implementadas pelo órgão máximo ambiental de cada país, porém a delegação de atribuições de responsabilidades ao nível regional e local ocorre de forma diversa. A Rússia criou o Operador Ambiental Russo (*REO*) que assessora a implementação dos planos regionais de resíduos e articula investimentos em eco parques no país. Na Índia, o Conselho Central e Estaduais de Controle da Poluição controla a implantação dos sistemas de responsabilidade ao produtor das empresas. Na China, o Conselho de Estado coordena a gestão dos REEE à nível regional e local. No Brasil e na África do Sul a gestão dos REEE é atribuída em grande medida ao mercado, normatizados respectivamente pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Departamento de Florestas, Pesca e Meio Ambiente.

Todavia, percebe-se à medida que os países se aproximam dos ideais da economia circular e do desenvolvimento sustentável outros órgãos de primeiro escalão são envolvidos na gestão dos REEE, dado sua importância à mineração urbana, reintegrando resíduos às cadeias produtivas, maximizando o uso dos recursos, oportunizando a geração de renda e mitigando danos ambientais e sociais. Nessa linha, na China, África do Sul e Rússia os ministérios da indústria, do comércio e do desenvolvimento de tecnologias foram incorporados em programas de gestão dos REEE.

Por outro lado, políticas e ações acerca da conscientização da sociedade, desenvolvimento do capital humano e integração do setor informal se mostram como iniciais e dispersos em projetos nacionais, enfatizados em determinadas regiões e cidades, em especial nas metrópoles.

Na sequência, ao identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE nos países do BRICS, que compõe o segundo objetivo específico dessa tese, constatou-se que a cadeia de valor dos REEE é evidenciada pelo aumento da geração de resíduos e pela escassez de recursos. Porém, encontra-se em estágios de estruturação e adequação em todos os países do BRICS, em menor ou maior escala de implantação. Percebe-se em todos os BRICS o inter-relacionamento de agentes do governo, mercado e sociedade em processos de reparo, reuso, descarte, coleta, triagem, pré-processamento e reciclagem dos REEE, além da formatação e implementação de políticas públicas. Contudo, a realidade local formada pelas diretivas governamentais e pela territorialidade historicamente construída delineia o modo e o grau de atuação das partes envolvidas nesses processos.

Verifica-se que os governos nacionais dos BRICS têm instituído regulamentações acerca da gestão dos REEE e monitoram a implementação dos sistemas de responsabilidade ao produtor, enquanto os governos estaduais/regionais implantam planos regionais de gestão dos REEE, à exceção do Brasil. Entretanto, há estados do Brasil com legislação regional para a gestão dos REEE, como é o caso do Estado de São Paulo. Os governos locais dos países do BRICS, apesar de todos terem a função de agir na conscientização da sociedade ao descarte adequado, atuam de formas variadas na gestão dos REEE. As administrações municipais da Índia e África do Sul coletam, separam e canalizam os REEE aos meios de processamento formais. Na Rússia são responsáveis por disponibilizar locais para o armazenamento de REEE. No Brasil, os titulares da limpeza pública se licenciados podem atuar na coleta e tratamentos dos REEE. Em adição, verifica-se na China e na Rússia que os governos nacionais empreendem e articulam parcerias público-privadas na implantação de usinas de reciclagem e de eco parques, ao passo que o governo da Índia tem investido no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem.

Os produtores, importadores, distribuidores e varejistas de EEE são responsáveis nos países dos BRICS por implantar redes de logística reversa de REEE e canalizar esses resíduos às recicladoras licenciadas de forma individual ou coletiva. Observa-se que os comerciantes de EEE de forma geral são corresponsáveis ao êxito

dos sistemas de logística reversa dos REEE. O mercado formalizado de REEE em estruturação nos BRICS atua em paralelo aos mercados informais de segunda mão de EEE e de comercialização, reparo, coleta, pré-processamento e reciclagem dos REEE. Na China e Índia nota-se uma ampla rede de intermediários informais operando em processos da cadeia de valor dos REEE, sustentados pelos hábitos da sociedade em operar com esses agentes, que costumam remunerar os REEE coletados. À exceção da Rússia, onde não se identificou pesquisas que apontem trabalhadores informais ligados às atividades que envolvem os REEE, há nos demais países milhares de catadores de recicláveis atuando de forma autônoma ou vinculados às associações e cooperativas.

Verificou-se que instituições de ensino e pesquisa nos BRICS desenvolvem pesquisas em tecnologias de reciclagem, bem como em programas de capacitação dos agentes públicos e privados. Na Índia, Brasil e África do Sul essas se somam às ONGs na capacitação e formalização dos trabalhadores informais, assim como das associações/cooperativas de catadores/recicladores. Essas instituições e os meios de comunicação atuam na conscientização dos consumidores (organizações e residentes), responsáveis pelo descarte adequado dos REEE, cuja ação é fundamental à garantia dos fluxos de resíduos às recicladores e da mitigação dos impactos ambientais. Percebe-se no Brasil, Índia e China que as abordagens da mídia também se referem ao consumo sustentável. Porém, em todos os BRICS a responsabilidade pela educação ambiental é das esferas de governo nacional, regional e local.

Nos estudos das metrópoles São Paulo, Moscou, Delhi, Pequim e Joanesburgo os desafios globais de aceleração da urbanização e geração de resíduos e dos REEE desafiam os governos, mercados e sociedades locais em soluções que mitiguem essas problemáticas. Reconheceu-se nessas metrópoles a articulação dos governos locais com as demais partes envolvidas na gestão dos REEE para a conscientização da sociedade ao descarte adequado, no desenvolvimento de tecnologias tecno-sociais ao setor de reciclagem e na implantação dos sistemas de responsabilidade ao produtor. Além disso, à exceção de Joanesburgo, todas detêm regulamentações para a gestão dos REEE. Moscou e Pequim se apresentam como capazes de realizar a reciclagem integral dos REEE, enquanto São Paulo, Delhi e Joanesburgo se diferenciam atuando na integração do setor informal e inclusão dos catadores de recicláveis. Dessa forma, observa-se nessas metrópoles globais

atuações ativas das partes envolvidas na gestão dos REEE, que podem ser espelhadas e ajustadas a outras metrópoles e cidades de médio e pequeno porte, pois, em todas as realidades pesquisadas há questões problemáticas que exigem soluções dos agentes envolvidos.

Ao estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS, que formam o terceiro objetivo específico dessa tese, constata-se que adversidades e limitações permeiam tanto aspectos relacionados ao governo, quanto ao mercado e à sociedade.

Na área governamental, verifica-se nos países que não possuem legislação específica à gestão dos REEE, como é o caso da Rússia e da África do Sul, a falta de clarificação das responsabilidades; enquanto no Brasil, China e Índia onde há regulamentações específicas, apresenta-se lacunas entre as normas estabelecidas e sua implementação. Nesse sentido, percebe-se escassa articulação do governo com os setores do mercado e da sociedade envolvidos. Além disso, observa-se que as políticas estabelecidas se concentram no pós-consumo, ou seja, no descarte e reciclagem, e pouco em projetos de *ecodesign*, que favorecem a maior circularidade dos materiais no desenvolvimento do mercado de recursos secundários. Esse posicionamento influencia as ações de conscientização da sociedade voltadas aos REEE, que estão centradas no descarte adequado dos REEE pelos residentes e organizações e pouco no consumo sustentável.

Os mercados nos BRICS de REEE carecem de infraestrutura de coleta, pré-processamento e reciclagem de REEE, que englobem a maior parte da população e de seus territórios, onerados pelos altos custos de implantação e manutenção dessas estruturas. Em adição, as limitadas medidas de integração do setor informal que atua em paralelo ao mercado formalizado de REEE freiam os fluxos de resíduos e refletem em danos ao meio ambiente e à saúde humana, em especial dos trabalhadores informais.

Entre as problemáticas que impedem e dificultam o avanço da cadeia de valor dos REEE nos países do BRICS identifica-se como latentes ao local: (i) no Brasil e na Índia a lacuna entre o estabelecido em lei e sua implementação; (ii) na Rússia a complexidade de políticas relacionadas aos REEE sem a devida conexão e atualização; (iii) na China o crescente déficit do fundo nacional de subsídios à reciclagem; (iv) na Índia e na África do Sul a grande quantidade de REEE que adentra ao país via importação e doações internacionais de EEE usados e; (v) na África do

Sul os insucessos na formação de associações/cooperativas de catadores/recicladores.

Nesse contexto, conclui-se que a baixa conscientização ambiental e social sustentável das partes envolvidas amplificam o grau das adversidades e limitações expostas em cada país, pois entravam e limitam a articulação e sinergia entre os agentes de governo, mercado e sociedade na busca de soluções conjuntas ao setor.

Essas questões pontuadas requerem políticas e ações articuladas com maior protagonismo das esferas das administrações públicas à sinergia entre as partes envolvidas do mercado, sociedade e governo no desenvolvimento do mercado de REEE e de recursos secundários. Ressalta-se o envolvimento mais proeminente dos governos municipais na gestão dos REEE, estabelecendo parcerias público-privadas e intermunicipais, integrando o setor informal e associações/cooperativas de catadores/recicladores locais, pois é nas cidades que as realidades se destacam e onde se almeja que as legislações nacionais sejam implementadas integralmente. Salienta-se que as regulamentações dos países acerca da gestão dos REEE sejam atualizadas e conectem às demais leis correlatas, clarificando as responsabilidades dos agentes na cadeia de valor dos REEE. Para isso, se faz necessário digitalizar os processos inerentes, utilizando tecnologias *Big Data* na gestão dos REEE e TiCs nos serviços ao usuário final, fornecendo dados mais precisos e com maior velocidade às tomadas de decisões. Além disso, destaca-se os investimentos em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias tecno-sociais para a coleta, pré-processamento e reciclagem dos REEE, adaptáveis ao território local.

Nesse contexto, parcerias público-privadas podem ser empregadas nas diversas fases da cadeia de valor dos REEE, inclusive na capacitação técnica e administrativa das partes; bem como na conscientização da sociedade (organizações e residentes) ao descarte adequado dos REEE e ao consumo sustentável, através da educação ambiental associada às campanhas de sensibilização. Destaca-se que a capacitação deva abranger tanto gestores e técnicos públicos e privados, quanto organizações atuantes da sociedade. Porém, é fundamental habilitar os trabalhadores informais e assessorar a formação e manutenção das associações e cooperativas de catadores/recicladores de recicláveis, garantindo meios de subsistência à milhares de pessoas nos países do BRICS. Enfatiza-se que os trabalhadores precisam ser conscientizados de exercer suas atividades em condições seguras à saúde humana e ao meio ambiente. Por outro lado, apresenta-se que o Estado institua medidas e

busque o maior comprometimento dos produtores de EEE em programas de produção mais limpa e em projetos de ecodesign, assim como na implementação de sistemas inclusivos de responsabilidade ao produtor, que integrem o setor informal e as pequenas empresas, interligando-se ao mercado de reparos e reuso dos EEE.

Essas proposições de melhoria da gestão dos REEE são identificadas em menor ou maior grau de importância nas análises dos países do BRICS e em particular: (i) implementar o estabelecido em regulamentações no Brasil e na Índia, clarificando as responsabilidades às partes envolvidas; (ii) viabilizar a reforma legislativa de gestão de resíduos e em específico dos REEE na Rússia, atualizando e interligando as normas nacionais; (iii) revisar as políticas de aplicação de taxas ambientais à formação de fundo de subsídios na China, Rússia e Índia, que resultem em maior envolvimento dos produtores nas cadeias de reciclagem dos REEE; (iv) viabilizar, capacitar e assessorar a formação e manutenção das associações/cooperativas na África do Sul.

Conclui-se, entretanto, que o alcance de um ambiente de maior sinergia entre governo, mercado e sociedade na implementação de políticas e ações de gestão de REEE é mais facilmente obtido quando a conscientização dos agentes estiver alinhada aos princípios da economia circular (redução, reuso e reciclagem) e aos pilares do desenvolvimento sustentável (econômica, social, ambiental e institucional). Constata-se nos estudos de casos que esses ambientes sinérgicos à gestão dos REEE são algo em construção nos países do BRICS, com a aplicação parcial dos preceitos da economia circular e do desenvolvimento sustentável, mas percebido em projetos individualizados, sobretudo em suas metrópoles. Nesse sentido, verifica-se que a China e a Rússia primam pela circularidade dos materiais, reduzindo a poluição e o desvio de resíduos aos aterros sanitários, porém carecem de medidas de integração do setor informal e das pequenas empresas; enquanto o Brasil, Índia e África do Sul reconhecem a atividade dos trabalhadores informais, mas carecem de ações que implementem as legislações nacionais correlatas.

Na sequência, ao apreciar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS, que compõem o quarto objetivo específico dessa tese, teve-se também o propósito de responder à pergunta de pesquisa constituída em: quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE de baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS? Assim,

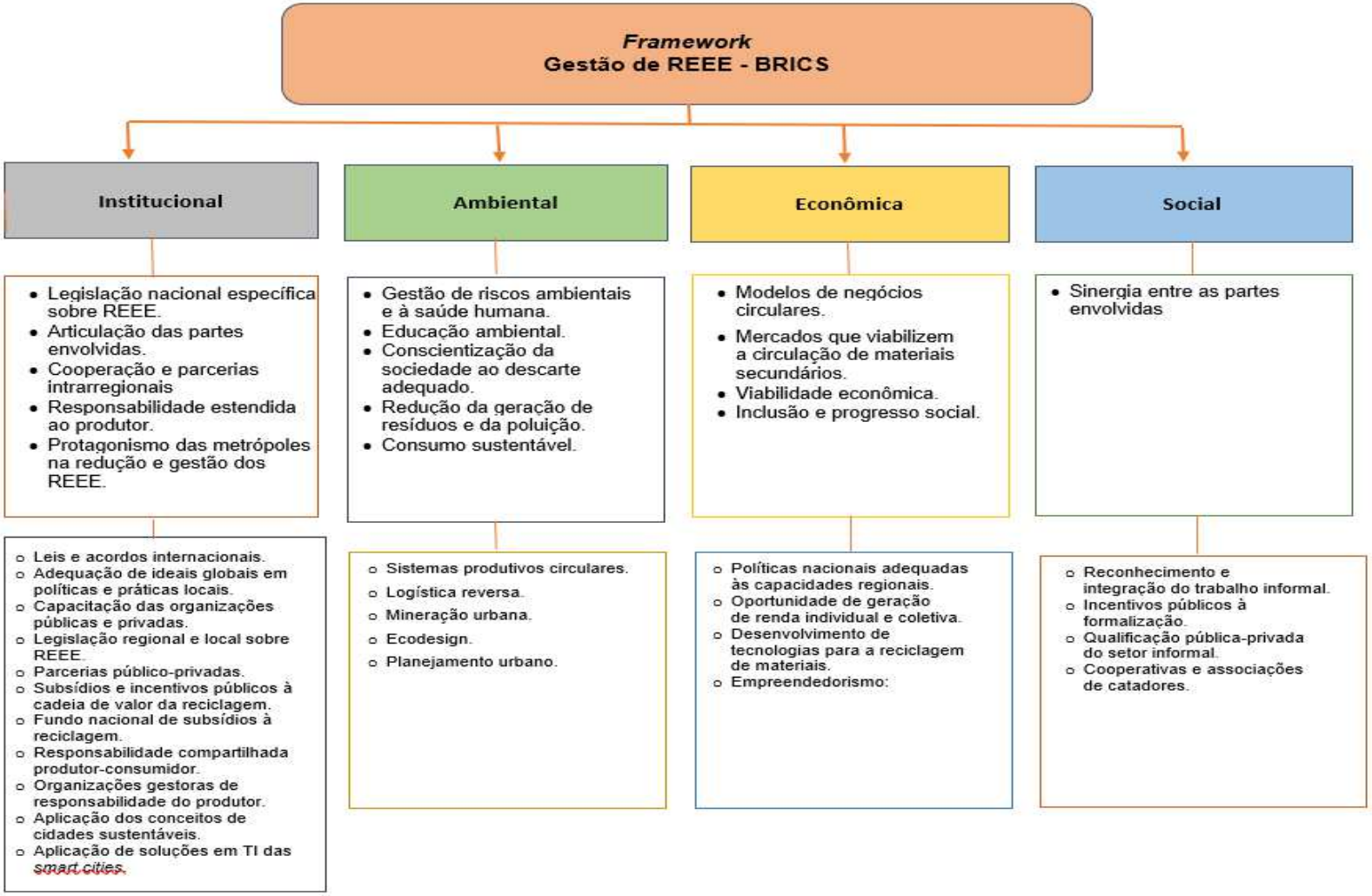
o objetivo central que norteou essa tese foi de: apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS.

Para a apreciação dos aspectos importantes à gestão dos REEE nos BRICS foram realizadas entrevistas semiestruturadas *online* em uma amostra intencional de especialistas dos BRICS, que estabeleceram a pontuação em uma escala linear de importância entre um e máximo dez em 39 questões distribuídas em quatro dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social e institucional.

As análises dos dados das entrevistas mostram que 14 questões apresentam mediana entre a escala de 9,0 e 10,0, enquanto 25 questões apresentam mediana entre a escala de 8,0 e 8,9; indicando, portanto, relevância das temáticas abordadas como importantes ao *framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS.

Desse modo se organiza um *framework* aplicável em políticas de gestão dos REEE nos países do BRICS apresentado na Figura 50 – BRICS: *Framework* gestão de REEE, no qual reúne de forma segmentada quadrantes de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE nos países do BRICS nas quatro dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social e ambiental.

Figura 50 – BRICS: *framework* gestão de REEE



Fonte: Autoria própria (2023)

No primeiro nível de quadrantes de cada dimensão da sustentabilidade relacionada estão os aspectos mais importantes a resultantes positivas à gestão dos REEE nos BRICS, de acordo com a mediana das pontuações atribuídas pelos especialistas técnicos e científicos dos BRICS.

Na dimensão institucional, a legislação nacional específica sobre os REEE e o papel do Estado na articulação das partes envolvidas para a implementação das políticas e ações apresentam as maiores medianas com 10,0 e 9,5, que se somam à relevância de cooperações e parcerias intrarregionais, implantação de sistemas de responsabilidade estendida ao produtor e ao maior protagonismo das metrópoles na redução e gestão dos REEE, cujas medianas são de escala de pontuação 9,0.

Salienta-se que o protagonismo das metrópoles na gestão dos REEE está associada à aplicação de tecnologias de informação preconizadas pelos conceitos das cidades inteligentes, mas também associadas aos conceitos de cidades sustentáveis conforme Leite e Awad (2012).

Pela dimensão ambiental, é destacado a importância da gestão dos riscos ambientais e à saúde humana que mostra uma mediana de 9,5, além da orientação à sociedade através da educação ambiental e da conscientização da sociedade ao descarte adequado e; da necessidade premente de ações para a redução da geração de resíduos e da poluição e para o consumo sustentável com medianas de 9,0.

Por outro lado, na dimensão econômica sobressaem-se, os aspectos relacionados a modelos de negócios circulares e mercados que viabilizem a circulação de materiais secundários, mas que sejam viáveis economicamente e promovam a inclusão e progresso social, todas essas com mediana 9,0. Em nível de significância próxima, na dimensão social, a sinergia entre as partes envolvidas é destacada com a maior mediana (8,5) entre os aspectos mapeados no segmento.

No segundo nível de quadrantes de cada dimensão da sustentabilidade situam-se aspectos igualmente importantes à gestão dos REEE, mas que apresentam medianas inferiores ao primeiro nível de quadrantes de cada dimensão. Nessa linha, pela dimensão social, soma-se com medianas de 8,0 ao quesito sinergia entre os atores a necessidade de reconhecimento, integração e qualificação pública-privada do setor informal, bem como de incentivos públicos à sua formalização.

Na dimensão econômica, salienta-se como aspectos importantes na gestão dos REEE, com mediana de 8,5, o desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de materiais, viabilização de oportunidades de geração de renda individual e coletiva

e a adequação de políticas nacionais às capacidades regionais. O empreendedorismo no setor de REEE também se mostra importante com mediana de 8,0.

Pela dimensão ambiental, com mediana de 8,0, situam-se as temáticas de sistemas produtivos circulares, logística reversa, mineração urbana e no ambiente local o planejamento urbano, que reflete no ambiente regional e nacional.

Por fim, na dimensão institucional, destaca-se nesse nível de quadrantes a importância da capacitação das organizações públicas e privadas e; de leis e acordos internacionais com mediana de 8,5, que se transponham em políticas e ações nacionais, regionais e locais (mediana 8,0). De forma próxima, com mediana de 8,0, são consideradas importantes o desenvolvimento de parcerias público-privadas e de subsídios e incentivos públicos à cadeia de valor da reciclagem como a implantação de fundos nacionais de subsídios à reciclagem, o estabelecimento de responsabilidade compartilhada produtor-consumidor e a estruturação de organizações gestoras de responsabilidade do produtor, bem como da aplicação de soluções em TI das *smart cities* e dos conceitos de cidades sustentáveis nos processos inerentes à cadeia de valor dos REEE.

Percebe-se, portanto, o senso comum entre as pesquisas e os especialistas quanto ao núcleo central de aspectos importantes a serem considerados na estruturação e implementação de políticas e ações para a gestão eficaz dos REEE, que parte da problemática global dos impactos ambientais pela geração crescente de resíduos e da poluição, assim como da escassez de recursos, agravadas pelas mudanças climáticas, conforme descritos por Meadows et al. (1972, 1992, 2004).

Nesse cenário, considerando que os volumes de REEE são o fluxo de resíduos em maior crescimento atual, é primordial que o Estado institua legislações nacionais sobre a gestão dos REEE, articulando em sinergia com as partes envolvidas para sua efetiva implementação, a fim de estabelecer uma gestão de riscos ambientais e à saúde humana e que consigam avançar de políticas e ações corretivas para medidas preventivas.

Para tal, é fundamental atuar na orientação à sociedade pela educação ambiental e conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE e ao consumo sustentável, com maior protagonismo das cidades, em especial das metrópoles. As administrações locais podem atuar para além dos planejamentos urbanos e da conscientização da sociedade. Com foco no desenvolvimento sustentável, as cidades, conhecedoras de suas problemáticas e de suas

potencialidades, são capazes à exemplo de São Paulo, Moscou, Pequim, Delhi e Joanesburgo de agir na gestão dos REEE, seja instituindo regulamentações próprias alinhadas às nacionais e regionais, seja em cooperações/parcerias público-privadas e intrarregionais.

Em adição, se faz necessário promover o empreendedorismo em modelos de negócios circulares, viáveis economicamente, estruturando mercados que possibilitem a circulação de materiais secundários e oportunizem a geração de renda e a inclusão social, alinhados às diretrizes e estratégias nacionais de transição para economias circulares. Nesse contexto, são consideradas relevantes a implementação de sistemas de responsabilização ao produtor com redes de logística reversa dos REEE e incorporação dos conceitos de mineração urbana, de produção mais limpa e de projetos de *ecodesign*.

Em suporte ao desenvolvimento dessas estruturas de mercado é valoroso investimentos em pesquisas e tecnologias tecno-sociais voltadas à cadeia de valor dos REEE e adequadas às realidades regionais.

De igual forma, os tratados e acordos internacionais necessitam de medidas que os ajustem ao ambiente local. É preciso manter o olhar sobre as realidades locais e sobretudo aos milhares de trabalhadores informais. Entre estão os catadores de recicláveis, intermediários e recicladores informais, que interagem em atividades nos mercados de REEE e por diversas vezes em condições inseguras de trabalho.

Verifica-se que há um caminho a ser trilhado pelo governo, mercado e sociedade no reconhecimento e integração do setor informal, com incentivos e subsídios públicos à formalização, assim como às atividades formais de pré-processamento e reciclagem dos REEE. Exemplos como da instituição de fundos de subsídios à reciclagem implantados pela China e Rússia e em implantação pela Índia denotam que são importantes ao desenvolvimento dos mercados de reciclagem dos REEE, mas necessitam de melhorias, a fim de evitar o déficit do fundo e facilitar o acesso aos recicladores.

Em suma, verifica-se que seguindo o mote global de conter os impactos ambientais derivados da geração crescente dos REEE, as cadeias de valor dos REEE estão em estruturação nos países dos BRICS adequando-se às realidades locais. Desta forma, os aspectos abordados nessa tese apresentam-se relevantes para melhorias e resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul que formam os BRICS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa seção são apresentadas as considerações finais aos objetivos da tese e em resposta ao questionamento central da pesquisa. Além disso, são expostas as contribuições científicas, as limitações e recomendações de estudos futuros.

5.1 Conclusões aos objetivos da pesquisa

O aumento acelerado da população mundial, da urbanização e da geração de resíduos desafiam os governos a estruturar e implementar políticas públicas que harmonizem essas variáveis e promovam o desenvolvimento sustentável do país, alinhado à Agenda 2030 e aos princípios da economia circular. Dentro desse contexto, os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) formam o fluxo de resíduos de maior crescimento no presente, cujos montantes estão se expandindo três vezes mais rápido que a população mundial e a taxas maiores que o PIB global. Nesse cenário, o agrupamento diplomático BRICS formado pelos países Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul é percebido com grande relevância no contexto mundial. A soma dos BRICS representa cerca de 41,15% da população mundial e 25,71% do PIB global, mas detêm altas taxas de geração de REEE e baixos percentuais de reciclagem desses resíduos. Em 2019, estima-se que foram gerados 53,6 milhões de toneladas de REEE no globo, sendo que os BRICS são responsáveis por cerca de 32.03%, dos quais menos de 15% desses montantes são reciclados. Os materiais reciclados podem ser reintroduzidos nas cadeias produtivas, diminuindo a pressão sobre a extração de recursos naturais, preservando o meio ambiente e a saúde humana.

Sob essa perspectiva, essa tese questiona quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS? Assim, o objetivo central dessa tese era apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS. Nesse propósito, foram individualizados estudos de casos para cada país dos BRICS, com análise cruzada desses casos ao final.

Nos casos múltiplos e na análise cruzada foram desenvolvidos os três primeiros objetivos específicos da tese constituídos em: (i) descrever as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS; (ii) identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE nos países do BRICS e; (iii) estruturar aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS.

Para a construção do terceiro objetivo específico foram descritas e analisadas as barreiras e proposições de melhoria à gestão dos REEE em cada país, onde verificou-se questões próprias a cada território, mas também características comuns tanto na análise das limitações quanto nas proposições de melhoria. Essas temáticas foram estruturadas em uma matriz de relevância de aspectos importantes à gestão dos REEE nos BRICS e foram submetidos à validação em entrevistas semiestruturadas a especialistas técnicos e científicos desses países, selecionados por amostra intencional, em atendimento ao quarto objetivo específico da tese de: apreciar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS.

A industrialização, urbanização, aumento da população e do consumo elevaram os níveis de geração de resíduos e da poluição, agravando os danos ao meio ambiente e à saúde humana e; por consequência a escassez de recursos. Diante desse cenário, observou-se que ao longo do tempo os países foram instituindo leis e normas auxiliares sobre a gestão de resíduos em resposta às problemáticas locais, mas também por estarem sendo evidenciados no cenário globalizado, como identificado no início dos anos de 1990 com a Convenção da Basiléia e a adesão aos conceitos de sustentabilidade, de desenvolvimento sustentável e da economia circular.

Nesse sentido, os governos nacionais dos BRICS estabeleceram em um primeiro estágio legislações sobre a gestão de resíduos sólidos, priorizando categorias de resíduos de maior periculosidade, onde se enquadram determinados REEE. Com o aumento do consumo de EEE e da geração crescente dos volumes de REEE, dilatados em grande medida pela importação de REEE e de doações internacionais de EEE usados, os governos começaram a legislar com maior vigor e de forma específica sobre a gestão dos REEE.

Verificou-se na descrição e análise das composições legais e institucionais relacionadas aos REEE que o Brasil, China e Índia possuem regulamentações

específicas à gestão dos REEE, ao passo que a Rússia e a África do Sul abordam a questão em legislações mais amplas sobre gestão de resíduos sólidos. Observou-se que o Brasil instaurou legislação correlata em 2020, após acordo setorial firmado em 2019. Por outro lado, a China avança de regulamentações específicas à gestão dos REEE para leis de promoção da economia circular que incluem os REEE, restringindo e proibindo em paralelo a importação desses resíduos.

As regulamentações são em todos os BRICS demandadas a partir do órgão máximo ambiental de cada país (ministérios, departamentos e conselhos). Porém, percebeu-se que à medida que os governos nacionais se aproximam dos ideais do desenvolvimento sustentável e da economia circular outros órgãos de primeiro escalão são envolvidos, como da indústria, do comércio e da ciência e tecnologia.

Sob outra perspectiva, constatou-se que as legislações sobre a gestão de resíduos recicláveis do Brasil, da Índia e da África do Sul fazem menção aos trabalhadores informais (catadores, intermediários e recicladores), enquanto a China não reconhece em suas políticas nacionais os trabalhadores informais dessa cadeia de valor e limita-se a manter medidas de fiscalização e controle, eximindo-se de ações de integração do setor informal ou de ações que oportunizem a formalização de catadores, intermediários e recicladores via associações ou cooperativas.

Ao identificar os diferentes atores nos processos inerentes aos REEE de uso doméstico nos países do BRICS reconheceu-se que há milhares de trabalhadores informais atuando em um extenso mercado informal de coleta, comércio, reparo e pré-processamento de REEE operando em paralelo ao mercado formal de REEE, em especial na China e na Índia, mas também identificado na África do Sul e no Brasil. Na China e na Índia o mercado informal de REEE foi configurado ao longo do tempo pelo hábito da sociedade em comercializar os REEE e efetuar reparos em EEE usados com agentes desses mercados, pois além de ofertar bons preços agem de porta em porta ou em pontos acessíveis aos residentes.

Na África do Sul e no Brasil cresce o mercado formal e informal de reparos e de segunda mão de EEE usados. Porém, notou-se nesses países que a ação de trabalhadores informais em atividades relacionados aos REEE se concentra na coleta e separação desses resíduos. Na Rússia não foi identificado nessa pesquisa trabalhadores informais agindo em atividades relacionadas aos REEE, embora estudos indiquem que há trabalho informal no país.

No mercado formal de REEE nos BRICS interagem produtores, importadores, distribuidores e varejistas de EEE, entidades gestoras de REEE, recondicionadores, cooperativas/associações de catadores/recicladores e empresas recicladoras de pré-processamento e de processamento final.

Cabe aos produtores e importadores de EEE implementarem redes de logística de REEE em conformidade aos sistemas de responsabilização ao produtor instituídos em lei. Nesses sistemas os resíduos devem ser coletados e destinados a canais licenciados de pré-processamento e reciclagem de REEE. Entretanto, constatou-se que esses sistemas estão em fases de estruturação em todos os países do BRICS em menor ou maior grau de implantação, pois há diversas variáveis e agentes que influenciam o avanço desses processos.

Nesse sentido, distinguiu-se governos nacionais mais atuantes na gestão dos REEE, empreendendo e articulando parcerias público-privadas na implantação de usinas de reciclagem e de eco parques industriais como é o caso da China e da Rússia, além de investir no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de REEE, onde o governo da Índia também se destaca. Por outro lado, percebeu-se que na África do Sul e no Brasil os governos nacionais delegam ao mercado a responsabilidade pela gestão dos REEE, por meio das regulamentações de responsabilidade estendida/compartilhada ao produtor.

Além disso, verificou-se que as esferas de governo regionais e locais atuam de forma diversa na gestão dos REEE entre os BRICS**.** Na Rússia, Índia, China e África do Sul os governos regionais realizam a gestão dos REEE por meio de planos regionais, alinhados à legislação nacional. No Brasil, há planos regionais de resíduos sólidos, mas de forma específica aos REEE são encontrados somente em determinadas regiões como do Estado de São Paulo.

Constatou-se que a ação dos governos locais se concentra em sua maioria na conscientização da sociedade ao descarte adequado dos REEE e em estágios mais avançados ao consumo sustentável. Todavia, na África do Sul e na Índia as administrações municipais operam na coleta e canalização adequada dos REEE, enquanto na Rússia e na China os governos locais movem-se na articulação de parcerias público-privadas para a gestão dos REEE, assessorados por órgãos de governos regionais e nacionais.

A ação mais ativa das cidades na gestão dos REEE é percebido no âmbito das metrópoles desses países, pois é nelas que há a maior geração de REEE, seja

pela concentração populacional, pelo crescimento do poder aquisitivo e aumento do consumo de forma geral, mas também em específico de maior consumo de EEE. Nota-se que o consumo de EEE é dilatado pelo marketing exitoso dos produtores, importadores e comerciantes, bem como pela obsolescência programada desses equipamentos.

Nesse sentido, percebe-se a relevância do protagonismo das metrópoles na gestão sustentável dos REEE, articulando em sinergia com os atores envolvidos na implantação de políticas e ações circulares correlatas, incorporando tecnologias da informação e comunicação das cidades inteligentes na construção de cidades sustentáveis, inclusivas e resilientes.

Entre os *cases* das metrópoles pesquisadas, identificou-se que Pequim, Moscou, Delhi e São Paulo possuem regulamentações relativas à gestão dos REEE. Observou-se que seguindo o alinhamento das diretrizes nacionais, os governos municipais de Pequim e Moscou concentram esforços na circularidade dos materiais, enquanto os governos de São Paulo, Delhi e Joanesburgo buscam também soluções para a inclusão dos catadores e integração do setor informal na implantação dos sistemas de responsabilidade ao produtor.

Em paralelo, outros atores agem em atividades correlatas à gestão dos REEE. Destacam-se na capacitação dos agentes públicos e privados, formais e informais as instituições de ensino e pesquisa e as organizações não governamentais. Cabe evidenciar em especial a atuação desses agentes na qualificação e formalização dos trabalhadores informais em associações e cooperativas locais. Além disso, atuam na conscientização das organizações e residentes ao descarte adequado e ao consumo sustentável.

Em adição, notou-se que as ações de sensibilização e conscientização da sociedade contam com o auxílio das mídias locais públicas e privadas, mas o compromisso pela educação ambiental é em todos os países do BRICS responsabilidade das esferas de governo.

Desta forma, constatou-se que as cadeias de valor dos REEE nos países do BRICS são formadas pelo inter-relacionamento das partes envolvidas do governo, mercado e sociedade, cujas formas de atuação são moldadas em grande medida pela territorialidade local historicamente construída.

Mas, esses países demonstram pontos comuns, permitindo a análise de limitações e proposições a fim de estruturar aspectos teóricos importantes a

resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS. Essas adversidades e limitações à gestão dos REEE estão presentes tanto nas esferas de governo, quanto nos segmentos de mercado e nas camadas da sociedade.

Constatou-se que a ausência de legislações específicas à gestão dos REEE como na Rússia e na África do Sul dificultam a priorização desses resíduos e a clarificação das responsabilidades pelas partes envolvidas. Por outro lado, a escassa articulação do governo como no Brasil e na Índia em ações para a implementação das leis geram lacunas no cumprimento das regulamentações para a gestão dos REEE.

Verificou-se que os mercados de recursos secundários estão em estágios iniciais de desenvolvimento entre os BRICS. Em específico aos derivados dos REEE, os países carecem de infraestrutura nacional e regional, abrangendo a maior parte da população e dos territórios, para a coleta e processamento desses resíduos. Apresentou-se que os altos custos de transporte e reciclagem dos REEE, dado em grande medida pelas extensas áreas territoriais e pela complexidade desses resíduos, oneram a implantação e manutenção de redes de logística reversa, reciclagem e recuperação dos materiais às cadeias produtivas.

Nesse cenário, conferiu-se limitadas ações de integração do setor informal ao mercado formalizado de REEE, mesmo estando presente em larga escala na maioria dos BRICS. Notou-se que esse posicionamento freia em grande medida os fluxos de resíduos necessários às recicladoras para o alcance e manutenção de sua viabilidade econômica. Além disso, a integração do mercado informal ao formal favorece a maior rastreabilidade dos fluxos e montantes dos REEE, gerando dados mais precisos às tomadas de decisões sobre a cadeia de valor dos REEE.

Outrossim, observou-se que as cadeias de valor dos REEE nos BRICS estão direcionadas ao pós-consumo dos EEE e pouco em projetos de *ecodesign* e produção mais limpa, essenciais à circularidade dos materiais. Desta forma, os movimentos à conscientização das organizações e dos residentes estão centrados no descarte adequado dos REEE e pouco no consumo sustentável.

Em particular, as análises apresentaram problemáticas latentes a cada país a serem focalizadas por estes: Brasil e Índia demonstram lacunas entre o estabelecido em lei e o implantado; China, Rússia e Índia expõem falhas na gestão dos fundos de subsídios de reciclagem que levam à dificuldades de adesão, acesso e déficit e; África do Sul revela percentual significativo de insucessos na formação e manutenção de associações/cooperativas de catadores/recicladores.

Diante dessas limitações as análises dos estudos de casos apontaram para determinadas proposições de melhoria à gestão dos REEE relativas ao governo, mercado e à sociedade nos BRICS.

Nesse sentido, propôs-se a instituição de legislações nacionais específicas à gestão dos REEE, elucidando as responsabilidades das partes envolvidas e estabelecendo como diretriz nacional a priorização desses resíduos. Indicou-se o maior protagonismo das esferas de governo, em especial das metrópoles, na articulação e sinergia com os agentes na gestão dos REEE para a implementação de sistemas de responsabilidade ao produtor e no desenvolvimento de mercados de recursos secundários. Recomendou-se que esses sistemas sejam mais inclusivos, integrando as pequenas empresas e o setor informal.

Concluiu-se que esses ambientes sinérgicos são algo em construção nos BRICS, mas percebidos individualmente na apresentação dos casos das metrópoles São Paulo, Pequim, Delhi, Joanesburgo e Moscou, que atuam com protagonismo na gestão dos REEE da cidade. O Estado, em seus níveis de governo, reúne as condições para estruturar parcerias público-privadas que possam atuar em processos diversos da cadeia de valor dos REEE, desde a capacitação dos agentes e desenvolvimento de tecnologias até a implantação de usinas de reciclagem e de eco parques industriais.

De outra parte, apontou-se para o maior envolvimento dos produtores e importadores de EEE, que atuam com sucesso no marketing de venda de novos EEE, nos mercados de reciclagem de REEE e no desenvolvimento de mercados de recursos secundários.

Em adição, preconizou-se a capacitação pública e privada à gestão dos REEE e o desenvolvimento de tecnologias tecno sociais adequadas às realidades locais. Salientou-se ser primordial a qualificação dos trabalhadores, inclusive dos informais, habilitando-os a exercer suas atividades em condições de trabalho seguras ao meio ambiente e à saúde humana.

Ademais, constatou-se que a conscientização da sociedade (organizações e residentes) em relação à gestão dos REEE quando baseada nos princípios da economia circular como também nos pilares do desenvolvimento sustentável promovem maior sinergia entre as partes envolvidas do governo, mercado e sociedade em ações que insiram as medidas propostas e; mudem a direção dos

agentes centrados atualmente no pós-consumo para investimentos em projetos de *ecodesign*, produção mais limpa, eco parques industriais e ao consumo sustentável.

Essas análises das legislações, dos atores envolvidos, das limitações e proposições nos estudos de casos individualizados possibilitaram a construção de uma matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS. Esses aspectos, alinhados aos preceitos da economia circular, foram categorizados nas dimensões da sustentabilidade ambiental, econômica, social e institucional.

A matriz de relevância foi estruturada em dois níveis de categorização. Pela categoria nível um, na dimensão ambiental os aspectos destacados foram: (i) orientação da sociedade; (ii) impactos ambientais e; (iii) recursos finitos. Na dimensão econômica foram evidenciados os seguintes pontos: (i) modelos de negócios vinculados à redução e gestão dos REEE e; (ii) geração de renda. Na dimensão social foram ressaltadas duas temáticas: (i) atores envolvidos e; (ii) setor informal. Por fim, na dimensão institucional foram enfatizados aspectos em quatro categorias: (i) papel do Estado; (ii) composições legais e institucionais; (iii) legislação sobre responsabilidades e; (iv) cidades (metrópoles). No segundo nível de categorização foram detalhados aspectos importantes à gestão dos REEE sinalizados nos estudos de caso e associados às temáticas do primeiro nível. Esses tópicos foram pontuados em escala linear entre 1 e 10 de importância e foram validados em sua integralidade por 16 especialistas técnicos e científicos dos BRICS, por meio de entrevista *online* semiestruturada.

Assim, foi possível responder à pergunta dessa pesquisa, no qual se questiona: quais fatores são importantes ao desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE de uso doméstico baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS? Desse modo, foi organizado um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS, que consiste no objetivo central dessa tese.

De igual forma, o *framework* foi ordenado seguindo as dimensões da sustentabilidade: institucional, ambiental, econômica e social. As dimensões foram subdivididas em dois níveis de quadrantes, onde no primeiro nível estão os aspectos importantes a resultantes positivas à gestão dos REEE nos BRICS com as maiores

medianas das pontuações atribuídas pelos especialistas, enquanto no segundo nível estão os aspectos igualmente importantes à gestão dos REEE, mas que apresentaram medianas inferiores. Nota-se que no primeiro nível de quadrantes os resultados das apreciações pelos especialistas técnicos/ científicos indicam as estratégias elementares à gestão dos REEE, enquanto no segundo nível de quadrantes apontam para os meios e ações para a implantação sustentável das políticas e ações circulares correlatas.

Por conseguinte, no primeiro nível de quadrantes, na dimensão institucional salientou-se o papel do Estado, com maior protagonismo das metrópoles, em estabelecer legislações sobre a gestão dos REEE, clarificando as responsabilidades e articulando as partes envolvidas em cooperações e em parcerias intrarregionais para a efetiva implementação das diretrizes e regulamentações, como dos sistemas de responsabilidade ao produtor.

Na dimensão ambiental, base que supre e/ou limita as relações econômicas, sociais e institucionais, destacou-se a importância da gestão dos riscos ambientais e à saúde humana somados às ações de orientação à sociedade pela educação ambiental e a conscientização da sociedade para a redução e descarte adequado dos REEE aliado ao consumo sustentável.

Na sequência, na dimensão econômica ressaltou-se os modelos de negócios circulares para a formação do mercado de recursos secundários, que sejam viáveis economicamente e oportunizem a inclusão e progresso social. Por fim, na dimensão social evidenciou-se a necessidade premente da sinergia entre as partes envolvidas para a gestão eficaz dos REEE.

Em adição, no segundo nível de quadrantes, foram validados outros aspectos importantes que se traduzem em meios, ações e resultantes positivas à gestão dos REEE nos BRICS. Desse modo, na dimensão institucional, salientou-se a adesão aos tratados internacionais e adequação destes em políticas e práticas locais, tanto a nível nacional, quanto ao nível regional e local, fundamentados em conceitos do desenvolvimento sustentável. Além disso, sublinhou-se a importância de parcerias público-privadas nos diversos processos inerentes à gestão dos REEE, desde a capacitação dos agentes até a implantação de sistemas de responsabilidade ao produtor. Nesse contexto, mostrou-se valoroso a implementação de fundos, subsídios e incentivos públicos à cadeia de valor dos REEE, no qual se apliquem soluções de

TI para a digitalização dos serviços e processos, a fim de obter dados mais ágeis e precisos sobre os REEE.

Pela dimensão ambiental foram destacados como importantes a adoção de sistemas produtivos circulares, de logística reversa, da mineração urbana e de projetos de *ecodesign*, inseridos em planejamentos urbanos sustentáveis. Em complemento, na dimensão econômica, foi considerado relevante a adequação das políticas nacionais às capacidades regionais, a geração de renda e o desenvolvimento de tecnologias ao mercado de REEE. O mercado informal foi destacado na dimensão social, apontando para o reconhecimento e integração dos trabalhadores informais, incentivos públicos à formalização e constituição de cooperativas e associações de catadores, bem como de sua qualificação.

Infere-se, portanto, a relevância da instituição de legislações sobre a gestão dos REEE nos países do BRICS e do protagonismo das esferas de governo, em especial das metrópoles, em articular as partes envolvidas em sinergia na gestão de riscos ambientais e à saúde humana e na implementação de sistemas inclusivos de responsabilidade ao produtor, atuando na educação ambiental e na conscientização da sociedade ao consumo sustentável e à redução e descarte adequado dos REEE. Além disso, se faz necessário estimular modelos de negócios circulares viáveis economicamente, que promovam o desenvolvimento do mercado de recursos secundários e oportunizem a inclusão e progresso social.

Recomenda-se, pelo *framework* apresentado a resultantes positivas na gestão dos REEE nos países do BRICS que as políticas e ações correlatas englobem medidas baseadas nos princípios da economia circular de reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar e; englobem pilares essenciais ao desenvolvimento sustentável dos territórios, ou seja, que se relacionem às dimensões ambiental, econômica, social e institucional. .

Entende-se que as cadeias de valor dos REEE estão em desenvolvimento nos países do BRICS, buscando reduzir a geração crescente de REEE e mitigar os impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Desta forma, conclui-se que os aspectos elencados em *framework* nessa tese apresentam-se importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul que formam o agrupamento diplomático BRICS.

5.2 Contribuições científicas

O aumento exponencial da geração de REEE e a escassez de recursos tornam os estudos sobre os REEE de grande relevância no cenário atual, tanto em pesquisas que visem a redução desses resíduos como em viabilizar a reintrodução de recursos secundários nas cadeias produtivas.

Considera-se no campo teórico que análises das legislações nacionais relativas aos REEE nos países do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, bem como da identificação dos atores envolvidos, de suas barreiras e proposições possam contribuir com o avanço das pesquisas sobre a gestão dos REEE. A exploração de diferentes cenários presentes entre os BRICS demonstrando suas particularidades e; revelando problemáticas e resultantes em comum podem contribuir de forma metodológica ao estudo de outras realidades nacionais, regionais ou locais.

Têm-se que ao apresentar um *framework,* com base nas análises dos estudos dos países do BRICS e em *cases* de suas metrópoles, para proposições em políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE baseado nos princípios da economia circular, este possa ser empregado por diversas esferas em organizações públicas e privadas na estruturação e implementação de regulamentações e programas relacionados aos REEE.

Os resultados da pesquisa evidenciam que a gestão sustentável dos REEE está diretamente relacionada à conscientização das partes envolvidas do governo, mercado e sociedade e; à implementação de medidas baseadas nos princípios da economia circular, mas também ao olhar pelas dimensões da sustentabilidade; ambiental, econômica, social e institucional.

5.3 Limitações da abordagem

A pesquisa realizou a análise das leis, dos atores e das barreiras e proposições sobre a gestão dos REEE dos BRICS de forma abrangente. Desse modo, dado o limite de tempo e espaço para o desenvolvimento dessa tese de doutorado não especificou em profundidade cada lei, processo e relações socioeconômicas ambientais que perpassam as cadeias de valor dos REEE.

Por outro lado, a nomenclatura diversa de atores (Ex: catadores/recicladores/intermediários informais) e de processos de pré-processamento e reciclagem dos REEE, conferiram um grau de complexidade à

análise cruzada dos BRICS. Nesse caso, optou-se por utilizar a nomenclatura própria ao país no estudo de caso individualizado e aproximá-los a um denominador comum na análise cruzada. Nesse sentido, observa-se que o comitê da norma ISO/TC 323 sobre a econômica circular trabalha na padronização de tais nomenclaturas entre as normativas.

Por fim, cabe observar que com a pandemia Covid 19 houve uma desaceleração de pesquisas, políticas e ações relacionadas à gestão dos REEE e; com a guerra entre Rússia e Ucrânia, o governo russo mantém em seus portais oficiais bloqueios parciais à consulta de leis e programas relacionados ao tema dessa tese.

5.4 Recomendações de estudos futuros

Essa pesquisa apontou que há insuficiência e imprecisão de dados sobre a geração e reciclagem de REEE em todos os países do BRICS e, portanto, necessitam de amplos estudos que abordem os processos, os atores envolvidos e as regulamentações relacionados à gestão dos REEE, considerando suas particularidades locais. Desta forma, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas que quantifiquem a geração e reciclagem dos REEE, subsidiando a estruturação e implementação de políticas e ações mais assertivas.

Nessa linha, recomenda-se igualmente estudos que aprofundem questões como a educação ambiental e a conscientização da sociedade (organizações e residentes) ao descarte adequado e consumo sustentável, o levantamento de custos da cadeia de valor dos REEE e a implantação dos sistemas de responsabilidade ao produtor. Outro ponto que demanda análise mais específica é a aplicação de remuneração na coleta dos REEE e a formação e gestão de fundos nacionais de subsídios à reciclagem.

Além disso, propõem-se pesquisas que abordem a qualificação e integração do setor informal, bem como das pequenas empresas aos sistemas de responsabilidade ao produtor e; ao maior protagonismo das cidades, sobretudo das metrópoles, na gestão dos REEE. Por fim, indica-se que esses estudos sejam orientados ao desenvolvimento sustentável dos mercados secundários de recursos, fundamentados nos princípios da economia circular.

REFERÊNCIAS

ABALANSA, Samuel et al. Electronic Waste, an Environmental Problem Exported to Developing Countries: The GOOD, the BAD and the UGLY. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 5302, 2021.

ABU-QDAIS, Hani A.; KURBATOVA, Anna I. The Role of Eco-Industrial Parks in Promoting Circular Economy in Russia: A Life Cycle Approach. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3893, 2022.

AFRICAN RECLAIMERS ORGANIZATION – ARO. Disponível em: https://www.africanreclaimers.org/stop-coj-recycling-levy/. Acesso em: 21 fev 2022.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. 2012. Disponível em: https://sinir.gov.br/images/sinir/LOGISTICA_REVERSA/EVTE_ELETROELETRONICO. Acesso em: 19 jul 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE PROMOÇÃO E FACILITAÇÃO DE INVESTIMENTOS DA ÍNDIA. Disponível em: https://www.investindia.gov.in/pt-br/sector/electronic-systems . Acesso em: 08 out 2021.

AHVENNIEMI, Hannele et al. What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, v. 60, p. 234-245, 2017.

AIM2FLOURISH. **Pioneering Recycling of Electronic Waste in Russia - Tele 2**. Disponível em: https://aim2flourish.com/innovations/pioneering-recycling-of-electronic-waste-in-russia. Acesso em: 08 jun 2022.

ALBAGLI, Sarita. Território e Territorialidade. In: LAGES, Vinícius; BRAGA, Christiano; MORELLI, Gustavo (Org.). **Territórios em movimento**: cultura e identidade como estratégia de inserção competitiva. Rio de Janeiro: Relume Dumará / Brasília: Sebrae, 2004.

ALBINO, Vito; BERARDI, Umberto; DANGELICO, Rosa Maria. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of urban technology**, v. 22, n. 1, p. 3-21, 2015.

ALBRECHT, Moritz; YAROVOY, Gleb; KARGINOVA-GUBINOVA, Valentina. Russia's waste policy and rural waste management in the Karelian Republic: building up a ruin to come? **Fennia**, v. 198, pp. 135–150. 2020.

ALI, Sajjad et al. The implementation of sustainable development goals in “BRICS” countries. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2513, 2018.

AL-NASRAWI, Sukaina; ADAMS, Carl; EL-ZAART, Ali. A conceptual multidimensional model for assessing smart sustainable cities. **JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 12, n. 3, p. 541-558, 2015.

ALVES, J. A. Lindgren. A Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Social e os paradoxos de Copenhague. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 40, n. 1, p. 142-166, 1997.

ALVES, Roberta et al. An action research study for elaborating and implementing an electronic waste collection program in Brazil. **Systemic Practice and Action Research**, p. 1-18, 2019.

ALVES, Salete Martins; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. **Production**, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

ANDEOBU, Lynda; WIBOWO, Santoso; GRANDHI, Srimannarayana. A Systematic Review of E-Waste Generation and Environmental Management of Asia Pacific Countries. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, p. 9051, 2021.

ANDERSEN, Terje. A comparative study of national variations of the European WEEE directive: manufacturer's view. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-20, 2021.

ANNA, Lindsay Teixeira; MACHADO, Rosa Teresa Moreira; DE BRITO, Mozar José. Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil e no Mundo: O Desafio da Desarticulação dos Atores. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 2, 2015.

ARMIJO, Leslie Elliott. The BRICs countries (Brazil, Russia, India, and China) as analytical category: mirage or insight? Asian perspective, p. 7-42, 2007.
ARYA, Shashi; KUMAR, Sunil. E-waste in India at a glance: current trends, regulations, challenges and management strategies. **Journal of Cleaner Production**, p. 122707, 2020.

ARYA, Shashi; KUMAR, Sunil. E-waste in India at a glance: current trends, regulations, challenges and management strategies. **Journal of Cleaner Production**, p. 122707, 2020.

ASHRAF, Nadia et al. The integration of climate change and circular economy in foreign policies. **ECDPM**. 2020. Disponível em: https://ecdpm.org/publications/integration-climate-change-circular-economy-foreign-policies/. Acesso em: 26 ago. 2020.

ASHTON, Mary Sandra Guerra; EMMENDOERFER, Magnus Luiz; EMMENDOERFER, Luana. Florianópolis/SC - Cidade Criativa da Gastronomia. In: Mary Sandra Guerra Ashton. (Org.). **Cidades Criativas? vocação e desenvolvimento**. 1ed.Novo Hamburgo, RS: FEEVALE, 2018, v. 1, p. 65-91.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). Disponível em: http://www.abinee.org.br/ . Acesso em: 09 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). Desempenho do Setor - Dados atualizados em março de 2021. Disponível em: http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm. Acesso em: 15 jul 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Disponível em: https://abrelpe.org.br/panorama/. Acesso em: 21 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Disponível em: https://www.abntcatalogo.com.br/. Acesso em: 06 jul 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS (ABREE). Disponível em: https://abree.org.br/conheca-a-abree. Acesso em: 28 set 2022.

AVDIUSHCHENKO, Anna; ZAJĄC, Paweł. Circular economy indicators as a supporting tool for European regional development policies. **Sustainability**, v. 11, n. 11, p. 3025, 2019.

AWASTHI, Abhishek Kumar et al. E-waste management in India: A mini-review. **Waste Management & Research**, v. 36, n. 5, p. 408-414, 2018.

AWASTHI, Abhishek Kumar; LI, Jinhui. Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 434-447, 2017.

BACHENDORF, Cassiana Ferreira et al. Cidades inteligentes e sustentáveis: uma análise sob a perspectiva das políticas públicas de Pato Branco – PR. **Informe Gepec**, v. 23, n. 1, p. 29-50, 2019.

BAI, Hua; WANG, Jing; ZENG, Amy Z. Exploring Chinese consumers' attitude and behavior toward smartphone recycling. **Journal of cleaner production**, v. 188, p. 227-236, 2018.

BALDE, Cornelis P. et al. **Regional e-waste monitor for the CIS+ Georgia–2021.** United Nations University (UNU) / United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosting the SCYCLE Programme, Bonn, Germany. 2021. Disponível em: http://collections.unu.edu/eserv/UNU:8703/REM_2021_CISGEORGIA_English.pdf

BALDÉ, Cornelis P. et al. **The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources**. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association. Bonn/Geneva/Vienna. 2017.

BALKEVICIUS, Adomas; SANCTUARY, Mark; ZVIRBLYTE, Sigita. Fending off waste from the west: The impact of China's Operation Green Fence on the international waste trade. **The World Economy**, v. 43, n. 10, p. 2742-2761, 2020.

BARDIN, Lawrence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2008.

BASEL CONVENTION. **Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal.** Disponível em: http://www.basel.int/?tabid=4499 . Acesso em: 11 out 2021.

BASEL CONVENTION. Disponível em: http://www.basel.int/Countries/. Acesso em: 24 jan 2022.

BEDNARSKA-OLEJNICZAK, Dorota; OLEJNICZAK, Jarosław; SVOBODOVÁ, Libuše. Towards a smart and sustainable city with the involvement of public participation—the case of Wroclaw. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 332, 2019.

BHATIA, Manjot Singh; SRIVASTAVA, Rajiv K. Analysis of external barriers to remanufacturing using grey-DEMATEL approach: An Indian perspective. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 79-87, 2018.

BIBLIOTECA DIGITAL BRASILEIRA DE TESES E DISSERTAÇÕES – BDTD. **Teses e Dissertações**. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/ . Acesso em: 03 jul. 2019.

BIBRI, Simon Elias. The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability. **Sustainable cities and society**, v. 38, p. 230-253, 2018.

BIBRI, Simon Elias; KROGSTIE, John. ICT of the new wave of computing for sustainable urban forms: Their big data and context-aware augmented typologies and design concepts. **Sustainable cities and society**, v. 32, p. 449-474, 2017.

BIBRI, Simon Elias; KROGSTIE, John. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. **Sustainable cities and society**, v. 31, p. 183-212, 2017.

BIGGS, Reinette; SCHLÜTER, Maja; SCHOON, Michael L. (Ed.). **Principles for building resilience: sustaining ecosystem services in social-ecological systems**. Cambridge University Press, 2015.

BIMIR, Mathias Nigatu. Revisiting e-waste management practices in selected African countries. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 70, n. 7, p. 659-669, 2020.

BOB, Urmilla *et al*. Enhancing innovation and technological capabilities in the management of E-waste: case study of South African government sector. **Science, Technology and Society**, v. 22, n. 2, p. 332-349, 2017.

BORTHAKUR, Anwesha. Policy approaches on E-waste in the emerging economies: A review of the existing governance with special reference to India and South Africa. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119885, 2020.

BORTHAKUR, Anwesha; GOVIND, Madhav. Emerging trends in consumers' E-waste disposal behaviour and awareness: A worldwide overview with special focus on India. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 117, p. 102-113, 2017.

BORTHAKUR, Anwesha; SINGH, Pardeep. The journey from products to waste: a pilot study on perception and discarding of electronic waste in contemporary urban India. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 19, p. 24511-24520, 2021.

BRASIL, **Itamaraty – O que é o BRICS.** Disponível em: http://brics2019.itamaraty.gov.br/sobre-o-brics/o-que-e-o-brics#. Acesso em: 23 ago. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso

doméstico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10240.htm . Acesso em 24 jun 2021.

BRASIL. **Decreto Nº 4.581**, **de 27 de janeiro de 2003.** Adoção dos Anexos VIII e IX à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4581.htm . Acesso em: 13 jul 2021.

BRASIL. **Decreto nº 7.404**, de 23 de dezembro de 2010 (b). Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm . Acesso em: 22 jun 2021.

BRASIL. **Decreto Nº 875,** de 19 de julho de 1993. Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D0875.htm. Acesso em: 13 jul 2021.

BRASIL. **Decreto nº 9.177**, de 23 de outubro de 2017. Isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas aos fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9177.htm. Acesso em 22 jun 2021.

BRASIL. **Itamaraty**. Disponível em: http://brics2019.itamaraty.gov.br/ . Acesso em: 29 set. 2020.
BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 03 ago. 2010.

BRASIL. **Lei Nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010 (a). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm . Acesso em: 22 jun 2021.

BRASIL. **Lei Nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Establece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 06 jul 2021.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: https://www.mma.gov.br/ . Acesso em: 24 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares** [recurso eletrônico] / coordenação de André Luiz Felisberto França... [et. al.]. – Brasília, DF: MMA, 2022.

BRASIL. **Norte Conectado**. Disponível em: https://norteconectado.rnp.br/ . Acesso em: 19 out. 2020.

BRASIL. **Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/. Acesso em: 27 out. 2020.

BRESSANELLI, Gianmarco et al. Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 639, 2018.

BRICS STI FRAMEWORK PROGRAMME. Disponível em: http://brics-sti.org/ . Acesso em: 30 set. 2020.

BROOK, Jennifer. Russia 2021: The current status of EPR regulations. **LORAX EPI**, 2021. Disponível em: https://www.enviro-pac.com . Acesso em: 17 mai 2022.

BROOKS, Amy L.; WANG, Shunli; JAMBECK, Jenna R. The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. **Science Advances**, v. 4, n. 6, p. eaat0131, 2018.

CAETANO, Marcelo Oliveira et al. Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). **Gestão & Produção**, v. 26, 2019.

CAMAGNI, Roberto; CAPELLO, Roberta; NIJKAMP, Peter. Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus. **Ecological economics**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 1998.

CAMPOS, Claudinei José Gomes. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista brasileira de enfermagem**, v. 57, n. 5, p. 611-614, 2004.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara F. Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 142, p. 373-383, 2019.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. **Journal of urban technology**, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011.

CASAGRANDE JR, Eloy Fassi. Inovação tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. **Revista Educação & Tecnologia,** v. 8, p. 97-109, 2004.

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 30, n. 3, p. 438-454, 2010.

CEPELIAUSKAITE, Gabriele; STASISKIENE, Zaneta. The Framework of the Principles of Sustainable Urban Ecosystems Development and Functioning. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 720, 2020.

ÇEPNI, Oğuzhan et al. Global uncertainties and portfolio flow dynamics of the BRICS countries. **Research in International Business and Finance**, v. 54, p. 101277, 2020.

CHANG, Tsangyao et al. The causal relationship between coal consumption and economic growth in the BRICS countries: Evidence from panel-Granger causality tests. **Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy**, v. 12, n. 2, p. 138-146, 2017.

CHELLERI, Lorenzo et al. Resilience trade-offs: addressing multiple scales and temporal aspects of urban resilience. **Environment and Urbanization**, v. 27, n. 1, p. 181-198, 2015.

CHOKWE, Tlou B. *et al*. Levels, distributions, and ecological risk assessments of polybrominated diphenyl ethers and alternative flame retardants in river sediments from Vaal River, South Africa. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 7, p. 7156-7163, 2019.

CHOURABI, Hafedh et al. Understanding smart cities: An integrative framework. In: **2012 45th Hawaii international conference on system sciences**. IEEE, p. 2289-2297, 2012.

CHUNG, Shan-Shan; ZHANG, Chan. An evaluation of legislative measures on electrical and electronic waste in the People's Republic of China. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2638-2646, 2011.

CITY OF JOHANNESBURG. **City of Johannesburg's 2018/2019 Integrated Annual Report**. 2020. Disponível em: https://www.joburg.org.za/documents_/Documents/Annual%20Reports/20182019%20Annual%20Report/2018-19%20City%20of%20Johannesburg%20Annual%20Report%20.pdf. Acesso em: 19 fev 2022.

CITY OF JOHANNESBURG. Disponível em: https://www.joburg.org.za/. Acesso em: 19 fev 2022.

COMISSÃO ECONOMICA PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE (CEPAL), Disponível em: https://www.cepal.org/pt-br/node/51263. Acesso em: 16 mai. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **A indústria elétrica e eletrônica impulsionando a economia verde e a sustentabilidade** / Confederação Nacional da Indústria, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Brasília: CNI, 2017.

CONNECTED SMART CITIES. Disponível em: https://ranking.connectedsmartcities.com.br/resultados.php. Acesso em: 08 jun 2021.

COOPER, Andrew F.; STOLTE, Christina. Insider and outsider strategies of influence: The BRICS'dualistic approach towards informal institutions. **New Political Economy**, v. 25, n. 5, p. 703-714, 2020.

COOPERATIVE GOVERNANCE AND TRADITIONAL AFFAIRS. **Municipal Profiles, 2020**. Pretória. South África. Disponível em: https://www.cogta.gov.za/ddm/index.php/documents/ . Acesso em: 16 fev 2022.

COOPERMITI. Disponível em: https://coopermiti.com.br/ . Acesso em: 28 jul 2021.

CORWIN, Julia Eleanor. "Nothing is useless in nature": Delhi's repair economies and value-creation in an electronics "waste" sector. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 50, n. 1, p. 14-30, 2018.

COSSU, R.; WILLIAMS, I.D. Urban mining: Concepts, terminology, challenges. **Waste Management**. Editorial. 45. p. 1-3. 2015.

COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH (CSIR). **Integrating informal waste pickers into the economy**. Publication date: march 31, 2016. Disponível em: https://www.csir.co.za/integrating-informal-waste-pickers-economy . Acesso em: 09 fev 2022.

CUI, Tiening; ZHANG, Jimei. Bibliometric and review of the research on circular economy through the evolution of Chinese public policy. **Scientometrics**, v. 116, n. 2, p. 1013-1037, 2018.

DA SILVA, Christian Luiz. **Desenvolvimento Sustentável: um conceito multidisciplinar**. Reflexões sobre a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

DA SILVA, Christian Luiz. Política pública para o planejamento urbano territorial a partir da economia circular: reflexões e alinhamentos propositivos para as cidades brasileiras. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 6, 2019.

DA SILVA, Christian Luiz. Proposal of a dynamic model to evaluate public policies for the circular economy: Scenarios applied to the municipality of Curitiba. **Waste Management**, v. 78, p. 456-466, 2018.

DA SILVA, Christian Luiz; WEINS, Niklas; POTINKARA, Maija. Formalizing the informal? A perspective on informal waste management in the BRICS through the lens of institutional economics. **Waste Management**, v. 99, p. 79-89, 2019.

DA SILVA, Juvancir et al. Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. **Journal of environmental management**, v. 254, p. 109750, 2020.

DANISH; ULUCAK, Recep. How do environmental technologies affect green growth? Evidence from BRICS economies. **Science of The Total Environment**, v. 712, p. 136504, 2020.

DANISH; ULUCAK, Recep; KHAN, Salah Ud-Din. Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. **Sustainable Cities and Society**, v. 54, p. 101996, 2019.

DANTAS, Eugênia Maria e MORAIS, Ione Rodrigues Diniz. **Território e territorialidade: abordagens conceituais (I) e (II)**. UFRN e UEPB. 2008. Disponível em: http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/organizacao_do_espaco/Org_Esp_A07_I_WEB_SF_SI_050805.pdf . Acesso em: 15 dez. 2019.

DDIBA, Daniel et al. Governing the circular economy: Assessing the capacity to implement resource-oriented sanitation and waste management systems in low-and middle-income countries. **Earth System Governance**, p. 100063, 2020.

DE ALBUQUERQUE, Carlos Alberto et al. E-waste in the world today: An overview of problems and a proposal for improvement in Brazil. **Environmental Quality Management**, v. 29, n. 3, p. 63-72, 2020.

DE JESUS, Ana et al. Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1494-1513, 2019.

DE JESUS, Diego Santos Vieira. A arte do encontro: a paradiplomacia e a internacionalização das cidades criativas. **Revista de Sociologia e Política**, v. 25, n. 61, p. 51-76, 2017.

DE JONG, Martin; et al. Sustainable–smart–resilient–low carbon–eco–knowledge cities; making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. **Journal of Cleaner production**, v. 109, p. 25-38, 2015.

DE OLIVEIRA NETO, José Francisco; SILVA, Maisa Mendonça; MACHADO SANTOS, Simone. A Mini-Review of E-Waste Management in Brazil: Perspectives and Challenges. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 47, n. 9, p. 1900152, 2019

DE OLIVEIRA, José Diego et al. E-Waste Mistakenly Disposed of as Recyclable Waste: A Case Study from Brazil. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 48, n. 11, p. 2000115, 2020.

DE OLIVEIRA, Manoel Carlos. Discussões sobre o conceito de meio ambiente. **Revista do Instituto Geológico**, v. 3, n. 2, p. 53-60, 1982.

DELHI POLLUTION CONTROL COMMITTEE. **Annual Report on E-waste management in NCT of Delhi as per E-waste (Management) Rules, 2016 for the period April 2020-March 2021**. Department of Environment, Govt. of Nct of Delhi. 2021

DEN HOLLANDER, Marcel C.; BAKKER, Conny A.; HULTINK, Erik Jan. Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 517-525, 2017.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT. Government of National Capital Territory of Delhi. Disponível em: http://web.delhi.gov.in/wps/wcm/connect/Environment/environment/home . Acesso em: 13 nov 2021.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL AFFAIRS. **E-waste Recycling Authority (ERA). South African E-Waste Industry Waste Management Plan (V. 1), 2018–2024**. Department of Environmental Affairs: Cape Town, South Africa, 2018.

DEPARTMENT OF FORESTRY, FISHERIES AND THE ENVIRONMENT. **ANNUAL PERFORMANCE PLAN 2021/22**. Pretoria. South Africa. 2020.

DEPARTMENT OF FORESTRY, FISHERIES AND THE ENVIRONMENT. **Question N° 354 Internal Question Paper N0.31 of 2019**. National Council of Provinces. 29 November 2019.

DEPARTMENT OF SCIENCE AND INNOVATION – DSI. Republic Of South Africa. **A Waste Research, Development and Innovation Roadmap for South Africa (2015-2025).** Disponível em: https://wasteroadmap.co.za/ . Acesso em: 02 fev 2022.

DEPARTMENT OF SCIENCE AND INNOVATION - DSI. Waste research development and innovation roadmap South Africa annual progress report 2020/21.

Science, technology and innovation for a circular economy. **Council for Scientific and Industrial Research (CSIR).** Pretoria, South Africa, 2021. Disponível em: www.wasteroadmap.co.za . Acesso em: 14 fev 2022.

DEPARTMENT OF TRADE INDUSTRY AND COMPETITION – DTIC. Disponível em: http://www.thedtic.gov.za/ . Acesso em: 02 fev 2022.

DESCO ELECTRONIC RECYCLERS. Disponível em: https://www.desco.co.za/. Acesso em: 10 fev 2022.

DESPEISSE, Mélanie et al. Towards a circular economy for end-of-life vehicles: A comparative study UK–Japan. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 668-673, 2015.

DEUTSCHE WELLE. **Dia Mundial da População: O dilema demográfico de África.** 2019. Disponível em: https://www.dw.com/pt-002/dia-mundial-da-popula%C3%A7%C3%A3o-o-dilema-demogr%C3%A1fico-de-%C3%A1frica/a-49545118. Acesso em: 13 jan 2022.

DIGITAL ÍNDIA. Disponível em: https://www.digitalindia.gov.in/ . Acesso em: 26 out 2021.

DOROKHINA, Elena Yu; KHARCHENKO, Sergey G. Circular Economy in Russia. In: **Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective**. Springer, Singapore, 2021. p. 309-327.

DULLEY, Richard Domingues. Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. **Agricultura em São Paulo, São Paulo**, v. 51, n. 2, p. 15-26, 2004.

DUTTA, Deblina; GOEL, Sudha. Understanding the gap between formal and informal e-waste recycling facilities in India. **Waste Management**, v. 125, p. 163-171, 2021.

DYE, Thomas R. **Understanding public policy**. 13. ed. USA: Pearson Education, 2011.

ECOPOLIS CORPORATION. Disponível em: https://ecotechprom.green. Acesso em: 08 jun 2022.

ELKINGTON, John. Enter the triple bottom line. In: **The triple bottom line**. Routledge, 2013. p. 23-38. Disponível em: http://kmhassociates.ca/resources/1/Triple%20Bottom%20Line%20a%20history%201961-2001.pdf. Acesso em: 19 jan. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/. Acesso em: 06 dez. 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular design guide.** Disponível em: https://www.circulardesignguide.com/ . Acesso em: 03, 04, 16 jun. 2020 e 22 abr 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Cities in the circular economy: An initial exploration**. 2017. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/cities-in-the-circular-economy-an-initial-exploration. Acesso em: 24 ago. 2020.

EMMENDOERFER, M. L. **Inovação e Empreendedorismo no Setor Público** (ISBN 9788525601087). 1. ed. Brasilia: ENAP, 2019. v. 1. 80p .

ERA E-WASTE INDWMP (in short). **E-Waste Recycling Authority E-Waste Industry Waste Management Plan. South African E-Waste Industry Waste Management Plan (V.1) 2019-2024.** Intellectual property of ERA NPC under CIPC registration No. 2018/248881/08. 2018. Disponível em: http://eranpc.co.za/wp-content/uploads/2018/09/Industry-Waste-Management-PlanFINAL-v.3.pdf . Acesso em: 30 jan 2022.

EUROPEAN COMMISSION – CIRCULAR ECONOMY. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm. Acesso em: 10 jun. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **A European Green Deal: Striving to be the first climate-neutral continent. 2020.** Disponível em: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en. Acesso em: 05 ago. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Closing the loop: an EU action plan for the Circular Economy**. COM, 614 final. 2015. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614. Acesso em: 04 ago. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. Disponível em https://ec.europa.eu/info/index_en . Acesso em: 25 mar 2021,

EUROPEAN COMMISSION. **Sustainable product policy & eco-design**. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/product-policy-and-ecodesign_en . Acesso em: 22 abr 2021.

EUROPEAN SMART CITIES. Disponível em: http://www.smart-cities.eu/?cid=-1&ver=4. Acesso em: 07 abr. 2020.

EUROSTAT. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat . Acesso em: 09 jun. 2020

EUROSTAT. SDG 11. Sustainable cities and communities. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=SDG_11_-_Sustainable_cities_and_communities&oldid=487763. Acesso em: 10 jun. 2020.

E-WASTE ASSOCIATION OF SOUTH AFRICA – EWASA. Disponível em: https://www.ewasa.org/. Acesso em: 14 fev 2022.

EXAME. Pequim não poderá ter mais que 23 milhões de habitantes em 2020. **Exame**, 27/09/2017. Disponível em: https://exame.com/mundo/pequim-nao-podera-ter-mais-que-23-milhoes-de-habitantes-em-2020/. Acesso em: 10 set 2021.

FAN, Yupeng; FANG, Chuanglin. Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 84, p. 106441, 2020.

FEDOTKINA, Olga; GORBASHKO, Elena; VATOLKINA, Natalia. Circular economy in Russia: Drivers and barriers for waste management development. **Sustainability**, v. 11, n. 20, p. 5837, 2019.

FEITOSA, Flávia F.; LE, Quang Bao; VLEK, Paul LG. Multi-agent simulator for urban segregation (MASUS): A tool to explore alternatives for promoting inclusive cities. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 2, p. 104-115, 2011.

FERLIN, Edson Pedro; REZENDE, Denis Alcides. Big Data aplicado à cidade digital estratégica: estudo sobre o volume de dados das aplicações Smart City. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 19, n. 2, p. 175-194, 2019.

FERNANDES, Valdir; RAUEN, William Bonino. Sustainability: an interdisciplinary field. Fronteiras. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**. 2016. Disponível em: http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/2049. Acesso em: 10 dez. 2019.

FERREIRA, Vivian Fernandes Marinho; GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino; DE CARVALHO VALLIN, Isabella. Inclusion of waste pickers in the reverse logistics of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)–the case study of Projeto Eco Eletro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 51, 2019.

FINLAY, Alan; LIECHTI, David. **E-waste association of South Africa (eWASA).** eWASA/Empa. 2008. Disponível em: https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.476.1116&rep=rep1&type=pdf. Acesso em: 12 fev 2022.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sergio Ribeiro da Costa. **Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens**. Disponível em: http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/article/viewFile/72796/69984. Acesso em: 21 set. 2019.

FOGARASSY, Csaba; et. al. Relations between Circular Economic “Principles” and Organic Food Purchasing Behavior in Hungary. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 616, 2020.

FORTI, Vanessa et al. The Global E-waste Monitor 2020. **United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA),** Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020.

FURTADO, Celso. **O capitalismo global**. São Paulo: Paz e Terra, 1998.

GADDA, Tatiana Maria Cecy. 5.6.3. Telecoupling – Recognizing Interactions Between Distant Socio-Ecological Systems Profoundly Affect Nature and Nature’s Contribution to people. In: IPBES. **The regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas**, p. 491-497. 2018.

GALVÃO, Taís Freire; PANSANI, Thais de Souza Andrade; HARRAD, David. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, p. 335-342, 2015.

GARG, Chandra Prakash. Modeling the e-waste mitigation strategies using Grey-theory and DEMATEL framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 281, p. 124035, 2021.

GEROMETTA, Julia; HAUSSERMANN, Hartmut; LONGO, Giulia. Social innovation and civil society in urban governance: Strategies for an inclusive city. **Urban studies**, v. 42, n. 11, p. 2007-2021, 2005.

GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner production**, v. 114, p. 11-32, 2016.

GHISOLFI, Verônica et al. System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. **Waste Management**, v. 60, p. 14-31, 2017.

GHOSH, Sadhan Kumar et al. Waste electrical and electronic equipment management and Basel Convention compliance in Brazil, Russia, India, China and South Africa (BRICS) nations. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 8, p. 693-707, 2016.

GIDDINGS, Bob; HOPWOOD, Bill; O'BRIEN, Geoff. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. **Sustainable development**, v. 10, n. 4, p. 187-196, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIRARD, Luigi Fusco; NOCCA, Francesca. Moving Towards the Circular Economy/City Model: Which Tools for Operationalizing This Model? **Sustainability**, v. 11, n. 22, p. 6253, 2019.

GLOBAL CARBON ATLAS. Disponível em: http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions . Acesso em: 20 out. 2020.

GLOBAL FACILITY FOR DISASTER REDUCTION AND RECOVERY (GFDRR). Disponível em: https://www.gfdrr.org/en/resilient-cities. Acesso em: 05 mai. 2020.

GM&C. Disponível em: https://www.gmclog.com.br/site/. Acesso em: 08 jul 2021.

GODFREY, Linda et al. Co-operatives as a development mechanism to support job creation and sustainable waste management in South Africa. **Sustainability Science**, v. 12, n. 5, p. 799-812, 2017.

GODFREY, Linda.; STRYDOM, Wilma.; PHUKUBYE, R. Integrating the informal sector into the South African waste and recycling economy in the context of extended producer responsibility. **CSIR Briefing Note: Pretoria, South Africa**, 2016.

GOLLAKOTA, Anjani R.K.; GAUTAM, Sneha; SHU, Chi-Min. Inconsistencies of e-waste management in developing nations–Facts and plausible solutions. **Journal of environmental management**, v. 261, p. 110234, 2020.

GORTZ, Manuela; DO NASCIMENTO, Décio Estevão. O Design e os Sistemas Produto-Serviço na Economia da Funcionalidade: uma análise bibliométrica. **VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, PR. 2016.

GOUVEIA, Nelson et al. Exposição ocupacional ao mercúrio em cooperativas de triagem de materiais recicláveis da região metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 1517-1526, 2019.

GOVERNMENT OF NATIONAL CAPITAL TERRITORY OF DELHI. Disponível em: https://delhi.gov.in/ . Acesso em: 11 nov 2021(a).

GOVERNMENT OF NATIONAL CAPITAL TERRITORY OF DELHI. **Estimates of state domestic product of Delhi -2020-21** Directorate of Economics & Statistics Vikas Bhawan Ii, Delhi, 2021 (b).

GOYAL, Sandeep; ESPOSITO, Mark; KAPOOR, Amit. Circular economy business models in developing economies: lessons from India on reduce, recycle, and reuse paradigms. **Thunderbird International Business Review**, v. 60, n. 5, p. 729-740, 2018.

GRANT, Richard *et al*. E-waste challenges in Cape Town: Opportunity for the green economy? **Urbani izziv**, v. 30, n. Supp, p. 5-23, 2019.

GREEN ELETRON. Disponível em: https://www.greeneletron.org.br/. Acesso em: 28 set 2022.

GREER, Rachel; VON WIRTH, Timo; LOORBACH, Derk. The diffusion of circular services: Transforming the Dutch catering sector. **Journal of Cleaner Production**, p. 121906, 2020.

GROUND WORK. Disponível em: https://www.groundwork.org.za/index.php. Acesso em: 14 fev 2022.

GU, Fu et al. Exploring “Internet+ Recycling”: Mass balance and life cycle assessment of a waste management system associated with a mobile application. **Science of the total environment**, v. 649, p. 172-185, 2018.

GU, Fu et al. Internet of things and Big Data as potential solutions to the problems in waste electrical and electronic equipment management: An exploratory study. **Waste Management**, v. 68, p. 434-448, 2017.

GU, Yifan et al. The stability and profitability of the informal WEEE collector in developing countries: a case study of China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, p. 18-26, 2016b.

GU, Yifan et al. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) recycling for a sustainable resource supply in the electronics industry in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 127, p. 331-338, 2016a.

GUIMARÃES, K. O.; RIBEIRO, F. M. Logística Reversa de embalagens em geral: avaliação do Acordo Setorial a partir das recomendações internacionais. **Anais Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente-ENGEMA**, v. 18, 2016.

GUO, Bin et al. Investigating public awareness on circular economy in western China: A case of Urumqi Midong. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2177-2186, 2017.

GUTMAN, Svetlana.; TESLYA, A. Potential for transition to circular economy in regions of the Russian Arctic. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012064.

HAASE, Dagmar; et al. Greening cities–To be socially inclusive? About the alleged paradox of society and ecology in cities. **Habitat International**, v. 64, p. 41-48, 2017.

HANDAYANTO, Rahmadya Trias et al. Achieving a sustainable urban form through land use optimisation: insights from Bekasi City's land-use plan (2010–2030). **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 221, 2017.

HARTLEY, Kris; VAN SANTEN, Ralf; KIRCHHERR, Julian. Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, p. 104634, 2020.

HATUKA, Tali et al. The political premises of contemporary urban concepts: The global city, the sustainable city, the resilient city, the creative city, and the smart city. **Planning Theory & Practice**, v. 19, n. 2, p. 160-179, 2018.

HEIDEMANN, Thomas; BOGDANOV, Dmitry. Waste reform in Russia: administrative powers at federal, regional and local levels. **CMS Law-Now**. Rússia, 2020.

HENS, Luc et al. On the evolution of "Cleaner Production" as a concept and a practice. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 3323-3333, 2018.

HINDUSTAN TIMES. **In a year, Delhi to get eco park to manage e-waste**.(2021). Disponível em: https://www.hindustantimes.com/cities/delhi-news/in-a-year-delhi-to-get-eco-park-to-manage-ewaste-101632329921917.html. Acesso em: 12 nov 2021.

HOBSON, Kersty; LYNCH, Nicholas. Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world. **Futures**, v. 82, p. 15-25, 2016.

HÖJER, Mattias; WANGEL, Josefin. Smart sustainable cities: definition and challenges. In: **ICT innovations for sustainability**. Springer, Cham, p. 333-349. 2015.

HOLDEN, Erling et al. **The imperatives of sustainable development: needs, justice, limits**. Routledge, 2017.

HOU, Jiayue et al. Evaluation of a new extended producer responsibility mode for WEEE based on a supply chain scheme. **Science of The Total Environment**, v. 726, p. 138531, 2020.

IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br. Acesso em: 05 jul 2021.

ICHIKOWITZ, Ruby; HATTINGH, T. S. Consumer e-waste recycling in South Africa. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 31, n. 3, p. 44-57, 2020.

ILANKOON, I. M. S. K. et al. E-waste in the international context–A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. **Waste Management**, v. 82, p. 258-275, 2018.

INDIA BRAND EQUITY FOUNDATION (IBEF). Disponível em: https://www.ibef.org/about-us.aspx. Acesso em: 11 nov 2021.

ÍNDIA. **G.S.R 338(E).** E-Waste (Management) Rules, 2016. Ministry of Environment & Forests, Government of India. Gazette of India, 2016a.

ÍNDIA. **G.S.R. 261 (E).** E-Waste(Management) Amendment Rules, 2018. Ministry of Environment, Forest and Climate Change. Government of India. Gazette of India, 2018.

ÍNDIA. **Guidelines on Implementation of E-Waste (Management) Rules, 2016**. Central Pollution Control Board, Delhi. 2016b.

ÍNDIA. **S.O. 1035 (E).** E-waste (Management & Handling) Rules, 2011. Ministry of Environment & Forests, Government of India. Gazette of India, 2011.

INSTITUTE OF WASTE MANAGEMENT OF SOUTHERN AFRICA (IWMSA). Disponível em: https://www.iwmsa.co.za/about-us1/about-iwmsa**.** Acesso em: 08 mar 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 27 jul 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **BRICS : joint statistical publication : 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. 212p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. Disponível em: https://www.ibp.org.br/. Acesso em: 27 out. 2020.

INSTITUTO BUTANTAN. Disponível em: http://www.butantan.gov.br/ . Acesso em: 30 set. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável – Brasil**. Brasília. 2013. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacaosocial_mat_reciclavel_brasil.pdf . Acesso em: 26 jul 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/. Acesso em: 08 nov. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Disponível em: https://www.iea.org/. Acesso em: 20 out. 2020.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Disponível em: https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx . Acesso em: 25 mar 2021.

INTERNET WORLD STATS. Disponível em: https://www.internetworldstats.com/surfing.htm. Acesso em: 15 out. 2020.
ISERNIA, Raffaele et al. The reverse supply chain of the e-waste management processes in a circular economy framework: Evidence from Italy. **Sustainability**, v. 11, n. 8, p. 2430, 2019.

ISLAM, Md Tasbirul; HUDA, Nazmul. Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 137, p. 48-75, 2018.

ISMAGILOVA, Elvira; et. al. Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. **International Journal of Information Management**, v. 47, p. 88-100, 2019.

IVANOVA, Tatiana; WU, Cuiyi. Waste management legislation in Russia and China: a comparative aspect. In: **SHS Web of Conferences**. EDP Sciences, 2022. p. 156.

JABAREEN, Yosef. Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. **Cities**, v. 31, p. 220-229, 2013.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta; PUPPIM-DE-OLIVEIRA, José Antonio. Barriers to environmental management in clusters of small businesses in Brazil and Japan: from a lack of knowledge to a decline in traditional knowledge. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 19, n. 3, p. 247-257, 2012.

JACOBI, Pedro. Meio ambiente e sustentabilidade. **Revista de Desenvolvimento e Meio**, 1999.

JANNUZZI, Paulo de Martino. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista de Administração Pública**, v. 36, n. 1, p. 51-72, 2002.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA). Disponível em: https://www.jica.go.jp/english/about/index.html. Acesso em: 13 ago. 2020.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA). **Resíduos sólidos no Japão e política sobre a reciclagem**. Seminário Brasil-Japão sobre reciclagem de resíduos sobre equipamentos eletroeletrônicos. Brasília. 2012.

JAPAN. **Ministry of the Environment Government of Japan**. Disponível em: http://www.env.go.jp/en/laws/. Acesso em: 12 ago 2020.

JENKS, Mike; JONES, Colin. **Dimensions of the sustainable city**. Springer Science & Business Media, 2010.

JOHNSON, Björn. Cities, systems of innovation and economic development. **Innovation**, v. 10, n. 2-3, p. 146-155, 2008.

JOON, Veenu; SHAHRAWAT, Renu; KAPAHI, Meena. The emerging environmental and public health problem of electronic waste in India. **Journal of Health and Pollution**, v. 7, n. 15, p. 1-7, 2017.

KAIKA, Maria. 'Don't call me resilient again!': the New Urban Agenda as immunology… or… what happens when communities refuse to be vaccinated with 'smart cities' and indicators. **Environment and Urbanization**, v. 29, n. 1, p. 89-102, 2017.

KAMALOVA, Karina. Moscow company will develop a project for electronic waste recycling. **Made in Russia**. 2021. Disponível em: https://madeinrussia.ru/en/news/3393 . Acesso em: 07 jun 2022.

KAPURAN, Gordana A. Eco-design in electrical and electronic products. **Tehnika**, v. 73, n. 2, p. 285-292, 2018.

KAVARATZIS, Mihalis; HATCH, Mary Jo. The dynamics of place brands: An identity-based approach to place branding theory. **Marketing theory**, v. 13, n. 1, p. 69-86, 2013.

KAZA, Silpa et al. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. The World Bank, 2018.

KEESSTRA, Saskia et al. Soil-related sustainable development goals: Four concepts to make land degradation neutrality and restoration work. **Land**, v. 7, n. 4, p. 133, 2018.

KENWORTHY, Jeffrey R. The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. **Environment and urbanization**, v. 18, n. 1, p. 67-85, 2006.

KIM, Viviane Jin Hee; DE VASCONCELOS BARROS, Raphael Tobias. Análise comparativa das gestões municipais de resíduos sólidos de São Paulo (Brasil) e Delhi (Índia). 4º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. 2021. Gramado. **IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Anais Vol. 4.** 2021.

KOSHTA, Nitin; PATRA, Sabyasachi; SINGH, Surya Prakash. Estimation of E-waste at micro level for reverse logistics: A case of Delhi. **Journal of Cleaner Production**, p. 128063, 2021.

KRAFT, Michael E.; FURLONG, Scott R. **Public Policy: politics, analysis and alternatives.** 3 ed. USA: CQ Press, 2010.

KUMAR, Amit; HOLUSZKO, Maria; ESPINOSA, Denise Crocce Romano. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 122, p. 32-42, 2017.

KUMAR, Ashwani; DIXIT, Gaurav. Evaluating critical barriers to implementation of WEEE management using DEMATEL approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 131, p. 101-121, 2018.

KUMMITHA, Rama Krishna Reddy; CRUTZEN, Nathalie. How do we understand smart cities? An evolutionary perspective. **Cities**, v. 67, p. 43-52, 2017.

KUSCH, Sigrid; HILLS, Colin D. The link between e-waste and GDP—new insights from data from the pan-European region. **Resources**, v. 6, n. 2, p. 15, 2017.

LE GRAND, Julian. **The strategy of equality: redistribution and the social services**. Routledge, 2018.

LEDWABA, Pontsho; SOSIBO, Ndabenhle. Cathode ray tube recycling in South Africa. **Recycling**, v. 2, n. 1, p. 4, 2017.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre. Bookman, 2012.

LI, Honglei; LU, Yi. A Bilevel Programming Location Approach to Regional Waste Electric and Electronic Equipment Collection Centers: A Study in China. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2021, 2021.

LI, Jingcheng; POGODIN, Sergey. BRICS Economic Cooperation Factors in Global Governance. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2020. p. 012029.

LIU, C. How does the Chinese e-waste disposal fund scheme work. **Case study prepared for the OECD, Retrieved October**, v. 8, p. 2020, 2014.

LIU, Junli et al. Why are obsolete mobile phones difficult to recycle in China?. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 141, p. 200-210, 2019.

LIU, Tingting et al. Exploring influencing factors of WEEE social recycling behavior: A Chinese perspective. **Journal of Cleaner Production**, p. 127829, 2021.

LIU, Wei; SONG, Zhaoyang. Review of studies on the resilience of urban critical infrastructure networks. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 193, p. 106617, 2020.

LIU, Yanxin et al. Are the environmental impacts, resource flows and economic benefits proportional? Analysis of key global trade routes based on the steel life cycle. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107306, 2021.

LIUBARSKAIA, Maria A.; PILIAVSKY, Valery P.; PUTINCEVA, Natalia A. Circular Economy in the Russian Federation: Problems and Potential for the Development. In: **Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective**. Springer, Singapore, 2021. p. 281-307.

LOPES DOS SANTOS, Kauê. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na macrometrópole paulista: normas e técnicas à serviço da logística reversa. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.

LOPES DOS SANTOS, Kauê. The recycling of e-waste in the Industrialised Global South: the case of Sao Paulo Macrometropolis. **International Journal of Urban Sustainable Development**, p. 1-14, 2020

LOPES DOS SANTOS, Kauê; JACOBI, Pedro Roberto. O acordo setorial para gestão de resíduos eletroeletrônicos: desafios e possibilidades. **10 anos da Política de Resíduos Sólidos: caminhos e agendas para um futuro sustentável.** Organizadores: Gina Rizpah Besen, Pedro Roberto Jacobi, Christian Luiz Silva. São Paulo: IEE-USP: OPNRS, 2021.

LOPES, Alberto (coord). **Políticas públicas para cidades sustentáveis: integração intersetorial, federativa e territorial**. Rio de Janeiro: IBAM, MCTIC, 2016. p. 10-97.

LYDALL, Marian; NYANJOWA, Wonder; JAMES, Yulandi. Mapping South Africa's waste electrical and electronic equipment (WEEE) dismantling, pre-processing and processing technology landscape. **Department of Science and Technology and the Council for Scientific and Industrial Research,** Pretoria, South Africa, v. 8, p. 2020, 2017.

LYTRAS, Miltiadis D.; VISVIZI, Anna. Who uses smart city services and what to make of it: Toward interdisciplinary smart cities research. **Sustainability**, v. 10, n. 6, p. 1998, 2018.

MA, Libang; CHENG, Wenjuan; QI, Jinghui. Coordinated evaluation and development model of oasis urbanization from the perspective of new urbanization: A case study in Shandan County of Hexi Corridor, China. **Sustainable cities and society**, v. 39, p. 78-92, 2018.

MAALOUF, Amani et al. Current waste management status and trends in Russian Federation: Case study on industrial symbiosis. **Handbook of Solid Waste Management: Sustainability through Circular Economy**, p. 1-27, 2020.

MACHETE, Fannie. Environmental health risks associated with e-waste exposure in Badplaas, Carolina and Elukwatini landfills, Republic of South Africa. **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, v. 9, n. 6, p. 679-684, 2017.

MANICKAM, Parthiban; DURAISAMY, Gopalakrishnan. 3Rs and circular economy. In: Circular Economy in Textiles and Apparel. **Woodhead Publishing**, 2019. p. 77-93.

MAPHOSA, Vusumuzi; MAPHOSA, Mfowabo. E-waste management in Sub-Saharan Africa: A systematic literature review. **Cogent Business & Management**, v. 7, n. 1, p. 1814503, 2020.

MARCEAU, Jane. **Introduction: Innovation in the city and innovative cities**. 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

MARKOVA, Viktoria; MOROZENKO, Yuri; VAKHRUSHEVA. Ksenia. **Hazardous waste management in Russia and the EU 2019**. Ecological Rights Center BELLONA, 2019. Disponível em: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2019/03/haz_waste_ENG.pdf. Acesso em: 20 jun 2022.

MARTINS, Ernane Rosa; SILVA, Solange da. Estudo sobre as definições e as diferenças dos principais tipos de arranjos empresariais. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção**. 2015.

MARYEV, Vladimir A.; SMIRNOVA, Tatiana S. Perspective of CE in Russia: From Theory to Practice. In: **Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective**. Springer, Singapore, 2021. p. 259-279.

MAZON, Marilia Tunes. **Inserção brasileira na cadeia global de reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).** 2014. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2014.

MAZZUCATO, Mariana. **The Entrepreneurial State. London**: Demos. 2011.

MAZZUCATO, Mariana. The innovative state: Governments should make market, not just fix them. **Foreign Aff.**, v. 94, p. 61, 2015.

MCDOWALL, Will et al. Circular economy policies in China and Europe. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 651-661, 2017.

MEADOWS, Donella H. et al. **Beyond the Limits To Growth**. 1992. Disponível em: http://donellameadows.org/archives/beyond-the-limits-to-growth/. Acesso em: 18 dez. 2019.

MEADOWS, Donella H. et al. **The limits to growth**: a report to the club of Rome (1972). Universe Books, New York, 1972. Disponível em: http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf. Acesso em: 24 jan. 2020.

MEADOWS, Donella H.; et.al. **Limites do crescimento.** São Paulo: Perspectiva, 1973.

MEADOWS, Donella; et. al. **Limits to growth: The 30-year update**. Estados Unidos: Chelsea Green Publishing Company, 2004. Disponível em: http://donellameadows.org/archives/tools-for-the-transition-to-sustainability/. Acesso em: 07 out. 2019.

MEEROW, Sara; NEWELL, Joshua P.; STULTS, Melissa. Defining urban resilience: A review. **Landscape and urban planning**, v. 147, p. 38-49, 2016.

MENDES. Teresa Cristina M. Smart Cities: Solução para as cidades ou aprofundamento das desigualdades sociais? Observatório das Metrópoles. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia**. Rio de Janeiro. 2020.

MENSAH, Justice. Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. **Cogent Social Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1653531, 2019.

MICHEAUX, Helen; AGGERI, Franck. Eco-modulation as a driver for eco-design: A dynamic view of the French collective EPR scheme. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, p. 125714, 2021.

MICHELINI, Gustavo et al. From linear to circular economy: PSS conducting the transition. **Procedia CIRP**, v. 64, n. 1, p. 2-6, 2017.

MILIOS, Leonidas. Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. **Sustainability Science**, v. 13, n. 3, p. 861-878, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo Setorial para a Implantação do Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes**, de 31 de outubro de 2019. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/acordo-20setorial-20-20eletroeletrnicos-pdf . Acesso em: 24 jun 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br e em https://antigo.mma.gov.br/. Acesso em: 05 jul 2021.

MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE. **Extended Producer Responsibility in EWaste Management Indian Prospective 2016**. Disponível em: https://www.oecd.org/environment/waste/Session_1-EPR-in-E-waste-management-Indian-Prospective-Shruti_Rai.pdf . Acesso em: 11 out 2021.

MINISTRY OF SKILL DEVELOPMENT AND ENTREPRENEURSHIP. Disponível em: https://msde.gov.in/en . Acesso em: 16 dez 2021.

MONROY, Ana Moreno et. al. Housing policies for sustainable and inclusive cities: How national governments can deliver affordable housing and compact urban development. **OECD**. 2020.

MONTEIRO, Marcones Da Silva. Panorama da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. **10º Forum Internacional de Resíduos Sólidos. 2019**. Disponível em: http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/issue/view/Anais-FIRS-2019. Acesso em 29 jun 2021.

MORENO, Mariale et al. A conceptual framework for circular design. **Sustainability**, v. 8, n. 9, p. 937, 2016.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (MNCR). Disponível em: http://www.mncr.org.br/ . Acesso em 23 jul 2021.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of business ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017.

NAÇÕES UNIDAS. (2019). **População mundial deve ter mais 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos**. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676601. Acesso em: 13 jan 2022.

NAÇÕES UNIDAS. **As cidades de todo o mundo querem ser resilientes. Mas o que isso significa?** Disponível em: https://nacoesunidas.org/as-cidades-de-todo-o-mundo-querem-ser-resilientes-mas-o-que-isso-significa/. Acesso em: 05 mai. 2020.

NAÇÕES UNIDAS. **China e Estados Unidos lideram lista de países que mais geram lixo eletrônico**. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2020/07/1719142 Acesso em: 17 abr 2021.

NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: https://nacoesunidas.org/. Acesso em: 12 dez. 2019 a 29 jan. 2021. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br. Acesso em: 07 jun 2021.

NASCIMENTO, Daniel Luiz Mattos et al. Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.

NETSWERA, Godfrey et al. Social justice, sustainable development and quality of life. **Revista Tempo do Mundo**, n. 22, p. 75-94, 2020.

NEW DEVELOPMENT BANK. Disponível em: https://www.ndb.int/. Acesso em: 29 set. e 20 out. 2020.

NEW RECLAMATION GROUP LTD – RECLAM. Disponível em: https://www.reclam.co.za/. Acesso em: 18 fev 2022.

OGUNMAKINDE, Olabode Emmanuel. A review of circular economy development models in China, Germany and Japan. **Recycling**, v. 4, n. 3, p. 27, 2019.

OLIVEIRA, Denize Cristina de. Análise de conteúdo temático categorial: uma proposta de sistematização. **Revista de Enfermagem da UERJ**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 569-576, out./dez. 2008.

OMELCHENKO, Ella *et al*. Environmental Law and Practice in the Russian Federation: Overview. **Thomson Reuters**, 2021. Disponível em: https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/w-013-5609?transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true. Acesso em: 13 jun 20222.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Sustainable Development: Linking economy, society, environment**. 2008. Disponível em https://read.oecd-ilibrary.org/environment/sustainable-development_9789264055742-en#page1. Acesso em: 23 jan. 2020.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Environmental Policy and Regulation in RUSSIA. The implementation challenge**. Organization for Economic Co-Operation and Development. OECD, 2006. Disponível em: https://www.oecd.org/env/outreach/38118149.pdf . Acesso em: 17 mai 2022.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **A territorial approach to the sustainable development goals in Moscow, Russian Federation.** Centre for Entrepreneurship, SMEs, Regions and Cities of the OECD, 2021. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/733c4178-en.pdf. Acesso em: 06 jun 2022.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Disponível em: https://www.oecd.org/. Acesso em: 12 fev., 25 mar., 23 abr. 2020.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **1st OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth**. 2019. Disponível em: http://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Roundtable-on-Smart-Cities-and-Inclusive-Growth_Issues-Note.pdf. Acesso em: 07 abr. 2020.

ORIS PROM. Disponível em: https://orisprom.ru/. Acesso em: 08 jun 2022.

OTTONI, Marianna; DIAS, Pablo; XAVIER, Lúcia Helena. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, p. 120990, 2020.

PALAFOX-ALCANTAR, P. Giovani; HUNT, Dexter VL; ROGERS, Chris DF. A Hybrid Methodology to Study Stakeholder Cooperation in Circular Economy Waste Management of Cities. **Energies**, v. 13, n. 7, p. 1845, 2020.

PANCHAL, Rohit; SINGH, Anju; DIWAN, Hema. Economic potential of recycling e-waste in India and its impact on import of materials. **Resources Policy**, v. 74, p. 102264, 2021.

PANDEY, Pooja; GOVIND, Madhav. Social repercussions of e-waste management in India: a study of three informal recycling sites in Delhi. **International Journal of Environmental Studies**, v. 71, n. 3, p. 241-260, 2014.

PARVEEN, Shadma et al. E-waste Generation and Awareness on Managing Disposal Practices at Delhi National Capital Region in India. In: **2019 16th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing**. IEEE, 2019. p. 109-113.

PATHAK, Pankaj et al. Assessment of legislation and practices for the sustainable management of waste electrical and electronic equipment in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 220-232, 2017.

PATIL, Rashmi Anoop; RAMAKRISHNA, Seeram. A comprehensive analysis of e-waste legislation worldwide. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 13, p. 14412-14431, 2020.

PAULIUK, Stefan. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001: 2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, p. 81-92, 2018.

PEDRO, Fernanda *et al*. Constructed Governance as Solution to Conflicts in E-Waste Recycling Networks. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1701, 2021.

PETIT-BOIX, Anna; LEIPOLD, Sina. Circular economy in cities: Reviewing how environmental research aligns with local practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 195, p. 1270-1281, 2018.

PIENAAR, Cilnette *et al*. Waste: Market Intelligence Report 2020. **Green Cape**. Cape Town, South Africa, 2020. Disponível em: www.greencape.co.za. Acesso em: 14 fev 2022.

PIKITUP JOHANNESBURG SOC LIMITED. Disponível em: http://www.pikitup.co.za/. Acesso em: 19 fev 2022.

PLASTININA, Iuliia et al. Implementation of circular economy principles in regional solid municipal waste management: The case of Sverdlovskaya Oblast (Russian Federation). **Resources**, v. 8, n. 2, p. 90, 2019.

POLÍTICAS PÚBLICAS E DINÂMICAS DE DESENVOLVIMENTOS TERRITORIAL – PD2T. **Grupo de Pesquisa**. Disponível em: https://pd2t.wordpress.com/. Acesso em: 10 jan 2021.

POLLOCK, Malvina; LEVENT, Ibrahim. Capital Flows to Developing Countries – BRIC: Where the Action Is. **World Bank**. 2011. Disponível em: https://blogs.worldbank.org/developmenttalk/capital-flows-to-developing-countries-bric-where-the-action-is. Acesso em: 01 out. 2020.

PORTAL ACADÊMICA. **Conduzindo entrevistas na pesquisa qualitativa**. Disponível em: https://academica.nutror.com/vitrine. Acesso em: 21 jan. 2021.

POSTMAN, Zoë *et al.* **Guidelines drafted for municipalities to integrate waste pickers.** Times Live. 2019. Disponível em: https://www.timeslive.co.za/news/south-africa/2019-04-15-guidelines-drafted-for-municipalities-to-integrate-waste-pickers/ . Acesso em: 07 mar 2022.

PRENDEVILLE, Sharon; CHERIM, Emma; BOCKEN, Nancy. Circular cities: Mapping six cities in transition. **Environmental innovation and societal transitions**, v. 26, p. 171-194, 2018.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 605-615, 2018.

PRIYADARSHINI, Priya; ABHILASH, Purushothaman Chirakkuzhyil. Circular economy practices within energy and waste management sectors of India: A meta-analysis. **Bioresource technology**, v. 304, p. 123018, 2020.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. Disponível em: https://www.cidadessustentaveis.org.br/indicadores. Acesso em: 30 mar. 2020.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2019. Além do rendimento, além das médias, além do presente: As desigualdades no desenvolvimento humano no século XXI**. New York, USA: AGS, RR Donnelley, 2019.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOCIEDADE – PPGTE. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Disponível em: http://www.utfpr.edu.br/cursos/mestrado-e-doutorado/ppgte-curitiba. Acesso em: 15 dez. 2020.

PURVIS, Ben; MAO, Yong; ROBINSON, Darren. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. **Sustainability science**, v. 14, n. 3, p. 681-695, 2019.

RAFFESTIN, Claude. Space, territory, and territoriality. **Environment and planning D: society and space**, v. 30, n. 1, p. 121-141, 2012.

RAJPUT, Shubhangini; SINGH, Surya Prakash. Industry 4.0 model for circular economy and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123853, 2020.

RAMOS, Altina; FARIA, Paulo M.; FARIA, Ádila. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 14, n. 41, p. 17-36, 2014.

Ramos, Gabriela. Bridging the Gap: OECD Inclusive Growth Report and Initiative. **OECD**. 2017. Disponível em: https://gabrielailianramos.wordpress.com/2017/06/06/bridging-the-gap-oecd-inclusive-growth-initiative-and-report/. Acesso em: 21 abr. 2020.

RASMUSSEN, Mattias Borg; LUND, Christian. Reconfiguring Frontier Spaces: The territorialization of resource control. **World Development**, v. 101, p. 388-399, 2018.

RATNER, Svetlana et al. Barriers and Drivers for Circular Economy 2.0 on the Firm Level: Russian Case. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 11080, 2021.

RECLAM. Reclamation Group (Pty) Ltd. Disponível em: https://www.reclam.co.za/ . Acesso em: 09 fev 2022.

RECYCLEX. Disponível em: https://www.recyclex.co.za/. Acesso em: 10 fev 2022.

REGO, Jaqueline Azevedo de Amorim; et. al. Cidades Sustentáveis: Lidando com a urbanização de forma ambiental, social e economicamente sustentável. **Simulação das Nações Unidas para Secundaristas**, p. 545-573, 2013.

REPO, Petteri et al. Lack of congruence between European citizen perspectives and policies on circular economy. **European Journal of Sustainable Development**, v. 7, n. 1, p. 249-249, 2018.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Amendments to the Regulations and Notices Regarding Extended Producer Responsibility, Nº 400. National Environmental Management: Waste Act, N° 59 – 2008.** Government Gazette, 2021. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202105/44539gon400.pdf. Acesso em: 01 fev 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Call on the Paper and Packaging Industry, Electrical and Electronic Industry and the Lighting Industry to prepare and submit industry waste management plans to the Minister for approval. National Environmental Management: Waste Act, N° 59 – 2008.** Government Gazette, 2017. Disponível em: https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/gazetted_notices/nemwa59of2008_paperandpackagingindusrty_electricalandelectronicindustry_gn41303_0.pdf . Acesso em: 31 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Constitution of the Republic of South Africa, N° 108 of 1996.** Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/images/a108-96.pdf . Acesso em: 25 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Consultation on the Proposed Regulations Regarding Extended Producer Responsibility, Nº 718, 2020**a. Government Gazette. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202006/43481gon718.pdf. Acesso em: 28 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Consumer Protection Act, Nº 68 – 2008**. Government Gazette, 2009b. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/32186_467.pdf. Acesso em: 07 fev 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Environment Conservation Act, Nº 73 - 1989**. Government Gazette. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201503/act-73-1989.pdfAcesso em: 27 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Extended Producer Responsibility Scheme for The Electrical & Electronic Equipment Sector, Nº 1185**, **2020**c. Government Gazette. Disponível em:

https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202011/43880gon1185.pdf . Acesso em: 28 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA**. Local Government: Municipal Systems Act, Nº 32 – 2000**. Government Gazette. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201409/a32-000.pdf . Acesso em: 28 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **National Environmental Management Act, Nº 107 – 1998**. Government Gazette. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201409/a107-98.pdf. Acesso em: 27 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **National Environmental Management: Waste Act, Nº 59 of 2008**. Government Gazette, 2008. Disponível em: https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/legislations/nema_amendment_act59.pdf . Acesso em: 25 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Occupational Health and Safety Act, Nº 85 – 1993.** Government Gazette. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201409/act85of1993.pdf . Acesso em: 27 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Regulations Regarding Extended Producer Responsibility. National Environmental Management: Waste Act, No.59 – 2008, 2020**b. Disponível em: http://sawic.environment.gov.za/documents/12418.pdf . Acesso em: 28 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Regulations regarding Extended Producer Responsibility, Nº 1184, 2020**d. Government Gazette. Disponível em: https://cer.org.za/wp-content/uploads/2009/07/43879gon1184-NEMWA-Regs-Extended-Producer-Liability.pdf . Acesso em 31 jan 2022.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Second-Hand Goods Act, Nº 6 – 2009**. Government Gazette, 2009a. Disponível em: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201409/32087392.pdf . Acesso em: 31 jan 2022.

RIBEIRO, Job Antonio Garcia et al. Os conceitos de ambiente, meio ambiente e natureza no contexto da temática ambiental: definindo significados. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 8, n. 2, p. 61-76, 2013.

RITZÉN, Sofia; SANDSTRÖM, Gunilla Ölundh. Barriers to the Circular Economy–integration of perspectives and domains. **Procedia Cirp**, v. 64, p. 7-12, 2017.

RODRIGUES, Angela C.; BOSCOV, Maria EG; GÜNTHER, Wanda MR. Domestic flow of e-waste in São Paulo, Brazil: Characterization to support public policies. **Waste Management**, v. 102, p. 474-485, 2020.

RODRIGUES, Margarida; FRANCO, Mário. Measuring the performance in creative cities: Proposal of a multidimensional model. **Sustainability**, v. 10, n. 11, p. 1-21, 2018.

RODRÍGUEZ-POSE, Andrés; LEE, Neil. Hipsters vs. geeks? Creative workers, STEM and innovation in US cities. **Cities**, v. 100, p. 102653, 2020.

ROSPRIRODNADZOR. Federal Service for the Supervision of Natural Resources. Activities, Regulation in the field of waste management. Disponível em: https://rpn.gov.ru/activity/regulation/kadastr/fkko/ . Acesso em: 12 mai 2022.

RÚSSIA. Decree of the Government of the Russian Federation Nº 1657. About requirements for processing, recycling, treatment and disposal of solid municipal waste. Russian Federation, 2020. Disponível em: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/rus198360.pdf. Acesso em: 17 mai 2022.

RÚSSIA. **Decree of the Government of the Russian Federation Nº 284**. On the establishment of environmental duty rates for each group of goods to be disposed of after they have lost their consumer properties, paid by manufacturers, importers of goods that do not provide independent disposal of waste from the use of goods. Russian Federation, 2016. Disponível em: https://rg.ru/2016/04/18/ecosbor-dok.html. Acesso em: 11 mai 2022.

RÚSSIA. Decree of the Government of the Russian Federation Nº 84. On approval of the Strategy for the Development of the Industry for the Processing, Recycling and Neutralization of Production and Consumption Waste. Russian Federation, 2018. Disponível em: http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf . Acesso em: 18 mai 2022.

RÚSSIA. Federal Law Nº 219-FZ. On Amendments to the Federal Law "On Environmental Protection" and certain legislative acts of the Russian Federation. Russian Federation, 2014. Disponível em: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/rus140704.pdf . Acesso em: 12 mai 2022.

RÚSSIA. Federal Law Nº 503-FZ. On Amendments to the Federal Law “On production and consumption waste”. Russian Federation, 2017. Disponível em: http://ips.pravo.gov.ru:8080/default.aspx?pn=0001201712310021 . Acesso em: 19 mai 2022.

RÚSSIA. Federal Law of The Russian Federation Nº 89. About production wastes and consumption, of June 10, 1998. Russian Federation, 1998. Disponível em: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/rus22617.pdf. Acesso em: 12 mai 2022.

RÚSSIA. Federal Law of The Russian Federation Nº 89. About production wastes and consumption, of June 10, 1998, as amended on July 02, 2021. Russian Federation, 2021. Disponível em: https://cis-legislation.com/document.fwx?rgn=1630. Acesso em: 10 mai 2022.

RÚSSIA. Fundamentals of state policy in the field of environmental development of Russia for the period up to 2030. Russian Federation, 2012. Disponível em: https://policy.asiapacificenergy.org/ node/841. Acesso em: 11 mai 2022.

RÚSSIA. The Russian Government. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation (Minprirody). Disponível em: http://government.ru/rugovclassifier/516/events/. Acesso em: 13 mai 2022.

RUSSIAN ENVIRONMENTAL OPERATOR – REO. Disponível em: https://reo.ru . Acesso em: 10 jun 2022.

RUSSIAN GOVERNMENT NEWS. Disponível em: http://government.ru/news. Acesso em: 21 jun 2022.

RUSSIAN GOVERNMENT. Amendments to the law on business responsibility for waste disposal prepared. 2021. Disponível em: http://government.ru/news/44262/ . Acesso em 29 jun 2022.

RYTER, John et al. Emission impacts of China's solid waste import ban and COVID-19 in the copper supply chain. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2021.

SA METAL. Disponível em: https://www.sametal.co.za/. Acesso em: 09 fev 2022.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro. Garamond. 2008.

SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo. Vértice, 1986.

SACHS, Ignacy. Organizado por Elimar Pinheiro do Nascimento e João Nildo Vianna. **Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável no Brasil**, Rio de Janeiro. Garamond.2007.

SAFAI SENA. Disponível em: https://www.safaisena.net/index.htm . Acesso em: 17 nov 2021.

SAIDANI, Michael et al. A taxonomy of circular economy indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 542-559, 2019.

SAKAI, Shin-ichi et al. Waste prevention for sustainable resource and waste management. **Journal of material cycles and waste management**, v. 19, n. 4, p. 1295-1313, 2017.

SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernández; BAPTISTA LUCIO, Maria del Pilar. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SAMSON, Melanie. Johannesburg is threatening to sideline informal waste pickers. Why it's a bad idea. **The Conversation Africa**. University of the Witwatersrand, 2021. Disponível em: https://theconversation.com/johannesburg-is-threatening-to-sideline-informal-waste-pickers-why-its-a-bad-idea-159969. Acesso em: 20 fev 2022.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo 2020**. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2020. Disponível em: http://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br. Acesso em: 27 jul 2021.

SÃO PAULO (Município). Comitê Intersecretarial para a Política Municipal de Resíduos Sólidos. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos 2014**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2014. Disponível em:

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf. Acesso em: 28 jul 2021.

SÃO PAULO (Município). Lei Nº 17.471, de 30 de setembro de 2020a. Estabelece a obrigatoriedade da implantação de logística reversa no Município de São Paulo para recolhimento dos produtos que especifica e dá outras providências. Disponível em: https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17471-de-30-de-setembro-de-2020 . Acesso em: 28 jul 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretária Executiva do Comitê de Mudança do Clima e Ecoeconomia de São Paulo. **Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050.** Prefeitura do Município de São Paulo. 2020b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf . Acesso em: 28 jul 2021.

SCHENCK, Catherina J. et al. The management of South Africa's landfills and waste pickers on them: Impacting lives and livelihoods. **Development Southern Africa**, v. 36, n. 1, p. 80-98, 2019.

SCHRÖDER, Patrick; LEMILLE, Alexandre; DESMOND, Peter. Making the circular economy work for human development. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 156, p. 104686, 2020.

SCHROEDER, Patrick; ANGGRAENI, Kartika; WEBER, Uwe. The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 77-95, 2019.

SCIELO – Base. Disponível em: https://scielo.org/ . Acesso em: 24 jun. a 03 jul. 2019 e 05 mar. a 20 dez. 2020.

SCOPUS - Base. Disponível em: https://www-scopus.ez48.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic. Acesso em: 24 jun. a 03 jul. 2019 e 10 mar. a 27 dez 2020.

SCOTT, Allen J. Creative cities: Conceptual issues and policy questions. **Journal of urban affairs**, v. 28, n. 1, p. 1-17, 2006.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade** (Development as freedom); tradução Laura Teixeira Motta; revisão técnica Ricardo Doninelli Mendes. — São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

SHARMA, Manu; JOSHI, Sudhanshu; GOVINDAN, Kannan. Issues and solutions of electronic waste urban mining for circular economy transition: An Indian context. **Journal of Environmental Management**, v. 290, p. 112373, 2021.

SHAYGANMEHR, Masoud et al. Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: a study in a developing country. **Journal of Cleaner Production**, v. 281, p. 125280, 2021.

SHEHABUDDEEN, Noordin *et al*. Representing and approaching complex management issues: part 1-role and definition. **Centre for Technology Management (CTM) Working Paper**, n. 2000/03, 1999.

SHEN, Liyin et al. Dynamic sustainability performance during urbanization process between BRICS countries. **Habitat International**, v. 60, p. 19-33, 2017.
SHITTU, Olanrewaju S.; WILLIAMS, Ian D.; SHAW, Peter J. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. **Waste Management**, 2020.

SIJTSEMA, Siet J. et al. Let's Talk about Circular Economy: A Qualitative Exploration of Consumer Perceptions. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 286, 2019.

SILVA, André Luiz Emmel; MORAES, Jorge André Ribas; MACHADO, Ênio Leandro. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 29-37, 2015.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 16, n. 1, 2015.

SILVA, Angie et al. From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey. **Waste management**, v. 61, p. 547-557, 2017.

SILVA, Bhagya Nathali; KHAN, Murad; HAN, Kijun. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 38, p. 697-713, 2018.

SILVA, Vanessa Pinto Machado; CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos. **Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil**. BNDES. Rio de Janeiro. 2019.

SINCTRONICS. Disponível em: https://sinctronics.com.br/. Acesso em: 08 jul 2021.

SINDAWONYE GRANULATORS AND PROCESSORS LTD. Disponível em: https://www.sindawonye.com/. Acesso em: 18 fev 2022.

SINGH, Shailender; DASGUPTA, Mani Sankar; ROUTROY, Srikanta. Evaluation of sustainable e-waste collection method for urban and rural region of India. **Waste Management & Research**, p. 0734242X211018512, 2021.

SISTEMA FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ – SISTEMA FIEP. **Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria Paranaense 2031**. FIEP, Curitiba, 2019.

SKO ELECTRONICS – RECYCLING. Disponível em: https://e-epr.ru. Acesso em: 30 mai 2022.

SMART CITY INDEX. Disponível em: https://www.imd.org/smart-city-observatory/smart-city-index/. Acesso em: 08 jun 2021.

SMOUT, Sam. Waste: Market Intelligence Report 2021. **Green Cape**. Cape Town, South Africa, 2021. Disponível em: www.greencape.co.za. Acesso em: 14 fev 2022.

SÖLVELL, Orjan et al. (Porter, M. E.). **The cluster initiative greenbook**. 2003.

SOUTH AFRICAN GOVERNMENT. Disponível em: www.gov.za. Acesso em 24 jan 2022.

SOUTH AFRICAN WASTE INFORMATION CENTRE - SAWIC. Disponível em: http://sawic.environment.gov.za/epr/search.php. Acesso em: 17 fev 2022.

SOUTH AFRICAN WASTE PICKERS ASSOCIATION (SAWPA). Disponível em: https://wastepickers.org.za/ . Acesso em: 09 fev 2022.

SOUZA, Andréa de. Proposta de uma matriz de decisão em energia hidrelétrica com o uso do método multicritério, para formulação de políticas públicas no estado do Paraná. 2016. 240f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade). **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Curitiba. 2016.

STAHEL, Walter R. The circular economy. **Nature**, v. 531, n. 7595, p. 435-438, 2016.

STATISTICS SOUTH AFRICA. **Sustainable Development Goals: Country report 2019**. Pretoria. South Africa. 2019.

STEPHEN, Matthew D. Rising powers, global capitalism and liberal global governance: A historical materialist account of the BRICs challenge. **European journal of international relations**, v. 20, n. 4, p. 912-938, 2014.

STEUER, Benjamin; RAMUSCH, Roland; SALHOFER, Stefan. "Is there a future for the informal recycling sector in urban China?" **Detritus**, v. 4, p. 189-200, 2018.

SUN, Qiao et al. Dominant platform capability, symbiotic strategy and the construction of “Internet+ WEEE collection” business ecosystem: A comparative study of two typical cases in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, p. 120074, 2020.

SUNKEL, Osvaldo. Desenvolvimento, subdesenvolvimento, dependência, marginalização e desigualdades espaciais: por um enfoque totalizante. **En: Cinquenta anos de pensamento na CEPAL**. Rio de Janeiro: Record/CEPAL, 1976.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT SOLUTIONS NETWORK. Disponível em: https://www.sustainabledevelopment.report/reports/2019-us-cities-sustainable-development-report/. Acesso em: 27 mar. 2020.

TADVISER GOVERNMENT BUSINESS IT. Electronic waste in Russia. Publicado em: 22 fev 2022. Disponível em: https://tadviser.com/index.php/Article:Electronic_waste_in_Russia. Acesso em: 10 jun 2022.

TAELMAN, Sue Ellen et al. A holistic sustainability framework for waste management in European cities: Concept development. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2184, 2018.

TAKIGUCHI, Hiroaki; TAKEMOTO, Kazuhiko. Japanese 3R policies based on material flow analysis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 12, n. 5-6, p. 792-798, 2008.

TANTAU, Adrian Dumitru; MAASSEN, Maria Alexandra; FRATILA, Laurentiu. Models for analyzing the dependencies between indicators for a circular economy in the European Union. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2141, 2018.

THE HINDU. **Delhi L-G reviews progress of e-waste park**. (2021). Disponível em: https://www.thehindu.com/news/cities/Delhi/delhi-l-g-reviews-progress-of-e-waste-park/article36620987.ece . Acesso em: 12 nov 2021.

THE PEOPLE'S GOVERNMENT OF BEIJING MUNICIPALITY. Disponível em: http://english.beijing.gov.cn . Acesso em: 10 set 2021.

THE STATE COUNCIL OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. Disponível em: https://en.ndrc.gov.cn/. Acesso em: 25 ago 2021, 16 set 2021.

THE TIMES OF ÍNDIA. **Delhi: Dispose of e-waste properly, departments told.** (2021). Disponível em: https://timesofindia.indiatimes.com/city/delhi/dispose-of-e-waste-properly-depts-told/articleshow/84956085.cms . Acesso em: 12 nov 2021.

THERRIEN, Marie-Christine; USHER, Susan; MATYAS, David. Enabling strategies and impeding factors to urban resilience implementation: a scoping review. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, 2019.

TONG, Xin et al. Towards an inclusive circular economy: Quantifying the spatial flows of e-waste through the informal sector in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 163-171, 2018.

TONG, Xin; TAO, Dongyan; LIFSET, Reid. Varieties of business models for post-consumer recycling in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 665-673, 2018.

TORRES, Claudia Eugenia Toca. Aportes a la responsabilidad social. **Revista mexicana de ciencias políticas y sociales**, v. 62, n. 230, p. 393-407, 2017.

TOSARKANI, Babak Mohamadpour; AMIN, Saman Hassanzadeh; ZOLFAGHARINIA, Hossein. A scenario-based robust possibilistic model for a multi-objective electronic reverse logistics network. **International Journal of Production Economics**, v. 224, p. 107557, 2020

TOXICS LINK. **Informal e-waste recycling in Delhi: Unfolding Impact of two years of E-Waste (Management) Rules 2016**. For Further Information: Toxics Link, 2019. Disponível em: http://www.toxicslink.org/docs/Informal%20E-waste.pdf . Acesso em: 16 nov 2021.

TRAN, Trang; GOTO, Hiromasa; MATSUDA, Takuma. The impact of China's tightening environmental regulations on international waste trade and logistics. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 987, 2021.

TRANSPARENCY INTERNATIONAL. Disponível em: https://www.transparency.org/en/. Acesso em: 22 out. 2020.
TURAGA, Rama Mohana R. et al. E-Waste Management in India: Issues and Strategies. **Vikalpa**, v. 44, n. 3, p. 127-162, 2019.

UHUNAMURE, Solomon E. *et al*. Appraisal of Households' Knowledge and Perception towards E-Waste Management in Limpopo Province, South Africa. **Recycling,** v. 6, n. 2, p. 39, 2021.

UN – HABITAT III. Disponível em: http://habitat3.org/. Acesso em: 16 mai. 2020.

UNIDO CENTRE FOR INTERNATIONAL INDUSTRIAL COOPERATION IN THE RUSSIAN FEDERATION. **E-waste Academy**. Disponível em: http://www.unido.ru/eng/. Acesso em: 08 jun 2022.

UNITED FOR SMART SUSTAINABLE CITIES. Disponível em: https://www.itu.int/en/ITU-T/ssc/united/Pages/default.aspx. Acesso em: 07 abr. 2020.

UNITED NATIONS – UNDATA. Disponível em: https://data.un.org/. Acesso em: 30 out. 2020.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Disponível em: https://environmentlive.unep.org/. Acesso em: 12 jun. 2020.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Disponível em: https://unfccc.int/ . Acesso em: 20 out. 2020.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). Disponível em: https://www.undrr.org/ . Acesso em: 05 mai. 2020.

UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION (2018). **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. Disponível em: https://population.un.org/wup/DataQuery/. Acesso em: 11 nov 2021.

UNITED NATIONS. Disponível em: https://www.un.org/ . Acesso em: 19 nov 2021.

United States Environmental Protection Agency. Disponível em: https://www.epa.gov/ . Acesso em: 17 abr 2021.

UNIVERSAL RECYCLING COMPANY. Disponível em: https://www.urc.co.za/. Acesso em: 18 fev 2022.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Centro de Descarte e ReUso de Resíduos de Informática. Cedir**. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/como-fazer-o-descarte-correto-do-seu-lixo-eletronico-na-usp/ . Acesso em: 19 jul 2021.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). **UTFPRecicla**. Disponível em: http://www.utfpr.edu.br/noticias/pato-branco/extensao-34 . Acesso em: 19 jul 2021.

VALENTE, Daniel Baratieri et al. Economic analysis of waste electrical and electronic equipment management: a study involving recycling cooperatives in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-22, 2021.

VASILENOK, Victor L. et al. Circular economy and digital technologies as a tool for overcoming the post-pandemic crisis in Russia. In: **Proceeding of the International Science and Technology Conference" FarEastCon 2020"**. Springer, Singapore, 2021. p. 1135-1141.

VIEIRA, Barbara de Oliveira et al. Prioritizing barriers to be solved to the implementation of reverse logistics of e-waste in brazil under a multicriteria decision aid approach. **Sustainability**, v. 12, n. 10, p. 4337, 2020.

VIJAYAKUMAR, Narayanamurthy; SRIDHARAN, Perumal; RAO, Kode Chandra Sekhara. Determinants of FDI in BRICS Countries: A panel analysis. **International Journal of Business Science & Applied Management (IJBSAM)**, v. 5, n. 3, p. 1-13, 2010.

WAHRLICH, Julia *et al*. Logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos: um estudo de caso da empresa Eco Centro Sul. In: **8º Forum Internacional de Resíduos Sólidos**. 2017.

WANG, Heming et al. Measuring progress of China's circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 163, p. 105070, 2020.

WANG, Junfeng et al. Effects of fund policy incorporating Extended Producer Responsibility for WEEE dismantling industry in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 130, p. 44-50, 2018.

WANG, Juntao; MISHIMA, Nozomu. Province-level estimation of waste mobile phones in China and location planning of recycling centers. **Waste Management & Research**, v. 37, n. 9, p. 898-905, 2019.

WASTLING, Thomas; CHARNLEY, Fiona; MORENO, Mariale. Design for circular behaviour: Considering users in a circular economy. **Sustainability**, v. 10, n. 6, p. 1743, 2018.

WEB OF SCIENCE. Base. Disponível em: http://apps-webofknowledge.ez48.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=8DsgCHt4xVhLTdJDN2n&preferencesSaved=. Acesso em: 24 jun. a 03 jul., 2019 e 10 mar. 2020 a 26 dez. 2020.

WIEGO'S ORGANIZATION & REPRESENTATION PROGRAMME – ORP. Disponível em: https://www.wiego.org/. Acesso em: 14 fev 2022.

WIESMETH, Hans; STARODUBETS, Natalya V. The management of municipal solid waste in compliance with circular economy criteria: the case of Russia. **Экономика региона [Economy of region],** v. 16, n. 3, p. 725-738, 2020.

WILLIAMS, Joanna. Circular cities. **Urban Studies**, v. 56, n. 13, p. 2746-2762, 2019.

WILLIAMS, Joanna. Circular cities: Challenges to implementing looping actions. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 423, 2019, b.

WOLFE, Marshall. Abordagems do desenvolvimento: de quém e para quê? **En: Cinqüenta anos de pensamento na CEPAL.** Rio de Janeiro: Record/CEPAL, 1976.

WORLD BANK – DATABANK. Disponível em: https://data.worldbank.org/ . Acesso em: 22 set 2020 a 30 out 2020, 05 abr 2021.

WORLD BANK DATA. Disponível em: https://data.worldbank.org/. Acesso em: 09 mai 2022.

WORLD BANK. Disponível em: https://www.worldbank.org/. Acesso em: 20 out. a 10 dez. 2020.

WORLD BANK. **Modest growth; focus on informality. Russia Economic Report 41**. The World Bank, 2019. Disponível em: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/31933/Russia-Economic-Report-Modest-Growth-Focus-on-Informality.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 jun 2022.

WORLD BANK. **Russia's economic recovery gathers pace. Russia Economic Report 45**. The World Bank, 2021. Disponível em: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/35653/Russia-Economic-Report-Russia-s-Economic-Recovery-Gathers-Pace-Special-Focus-on-Cost-Effective-Safety-Nets.pdf?sequence=7. Acesso em: 03 jun 2022.

WORLD BANK. **World Inclusive Cities Approach Paper**. 2015. Disponível em: http://documents.worldbank.org/curated/pt/402451468169453117/World-Inclusive-cities-approach-paper. Acesso em: 21 abr. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM. 2018. **Recovery of Key Metals in the Electronics Industry in the People's Republic of China: An Opportunity in Circularity**. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/Environment_Team/39777_Recovery_Key_Metals_Electronics_Industry_China_Opportunity_Circularity_report_2018.pdf . Acesso em: 20 ago 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em: https://covid19.who.int/table. Acesso em: 19 out. 2020 e 06 jan. 2021.
XAVIER, José Luis Neves; VEIT, Hugo Marcelo; BERNARDES, Andrea Moura. Possiblidades de inclusão social na cadeia produtiva de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). **8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos**. Instituto Venturi Para Estudos Ambientais. 2017.

XAVIER, L.H. et al. **Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos na cidade do Rio de Janeiro**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Cetem, 2017.

XAVIER, Lúcia Helena da Silva Maciel; OTTONI, Marianna de Souza Oliveira. **Economia circular e mineração urbana: resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: CETEM, 2019.

XAVIER, Lúcia Helena; OTTONI, Marianna; LEPAWSKY, Josh. Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. **Journal of Cleaner Production**, v. 297, p. 126570, 2021.

XAVIER, Lúcia Helena; OTTONI, Marianna; NASCIMENTO, Hermann. Metodologia para a identificação e categorização das empresas atuantes na gestão de resíduos de equipamentos. **2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**. Foz do Iguaçu, 2019.

XIONG, Lei; et al. Using the D-DANP-mV model to explore the continuous system improvement strategy for sustainable development of creative communities. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 11, p. 1309, 2017.

YAN, Mi et al. Municipal solid waste management and treatment in China. In: **Sustainable Waste Management Challenges in Developing Countries**. IGI Global, 2020. p. 86-114.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZANELLA, Andrea et al. Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things journal**, v. 1, n. 1, p. 22-32, 2014.

ZENG, Xianlai et al. Examining environmental management of e-waste: China's experience and lessons. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 1076-1082, 2017.

ZENG, Xianlai et al. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 1-5, 2017.

ZHANG, Ling et al. Urban mining potentials of university: In-use and hibernating stocks of personal electronics and students' disposal behaviors. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 143, p. 210-217, 2019.

ZHAO, Xiaomin; BAI, Xueli. How to motivate the producers' green innovation in WEEE recycling in China?–An analysis based on evolutionary game theory. **Waste Management**, v. 122, p. 26-35, 2021.

ZHAO, Xiaomin; BAI, Xueli. How to motivate the producers' green innovation in WEEE recycling in China?An analysis based on evolutionary game theory. **Waste Management**, v. 122, p. 26-35, 2021.

ZHOU, Lei; XU, Zhenming. Response to waste electrical and electronic equipments in China: legislation, recycling system, and advanced integrated process. **Environmental science & technology**, v. 46, n. 9, p. 4713-4724, 2012.

ZHOU, Wenhui; ZHENG, Yanfang; HUANG, Weixiang. Competitive advantage of qualified WEEE recyclers through EPR legislation. **European Journal of Operational Research**, v. 257, n. 2, p. 641-655, 2017.

ZHU, Junming et al. Efforts for a circular economy in China: A comprehensive review of policies. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 110-118, 2019.

APENDICE A – Cronograma do projeto de pesquisa da tese (2019 – 2022)

Fases – Capítulos	2020										2021												2022											
	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Fase 1: Introdução – Capítulo 1																																		
Fase 2: Fundamentação teórica – Capítulo 2																																		
Fase 3: Metodologia – Capítulo 3.																																		
Fase 4: Estudo de caso- Brasil – Capítulo 4																																		
Fase 5: Estudo de caso China – Capítulo 4																																		
Fase 6: Estudo de caso Índia – Capítulo 4																																		
Fase 7: Estudo de caso África do Sul – Capítulo 4																																		
Fase 8: Estudo de caso Rússia – Capítulo 4																																		
Fase 9: Síntese cruzada dos casos – Capítulo 4.																																		
Fase 10: Considerações Finais – Capítulo 5																																		

APÊNDICE B – Entrevista semiestruturada: gestão dos REEE

Prezado Especialista,

Essa pesquisa *online* está relacionada ao tema de **gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)** e compõem minha tese de doutorado (Nádia Mara Franz) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), orientada pelo Prof. Dr. Christian Luiz da Silva.

O estudo intitulado como "***Framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul)**", tem o objetivo de apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos REEE de uso doméstico baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS. Para tal, são descritas as composições legais e institucionais da gestão dos REEE nos países do BRICS, identificados seus diferentes atores e estruturados aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito desses países. Além disso, **busca-se validar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos REEE nos países do BRICS com especialistas da área,**

A partir de uma ampla revisão sistemática de cada estudo de caso (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) sobre gestão de REEE, que utilizou dados de documentos públicos e de produções científicas foi formatado uma matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos REEE no âmbito dos países do BRICS. **Essa entrevista semiestruturada tem o objetivo de validar e estabelecer uma escala linear de relevância dos aspectos pontuados na revisão sistemática**, **no qual buscamos a sua valiosa participação.**

Antes de iniciar a pesquisa online solicitamos sua ciência e aceite ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). *Link para a ciência e aceite ou não ao TCLE.*

Estou ciente do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) e concordo em participar da pesquisa: ( ) sim ( )não

---

A matriz de relevância de aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no âmbito dos países

do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) ao qual essa pesquisa está alinhada está subdividida em quatro dimensões da sustentabilidade: ambiental, econômica, social e institucional.

Na dimensão ambiental, com base em aspectos relacionados à orientação social, impactos ambientais e recursos finitos qual a escala de relevância (1 a 10) que você atribui à:

Educação ambiental:

Conscientização da sociedade ao descarte adequado:

Gestão de riscos ambientais e à saúde humana:

Redução da geração de resíduos e da poluição:

Planejamento urbano:

Logística reversa:

Sistemas produtivos circulares:

Ecodesign:

Mineração urbana:

Consumo sustentável:

Obs.: Gostaria de acrescentar algum aspecto ou registrar algum comentário sobre a dimensão ambiental: Se sim: (Campo para o registro)

Na dimensão econômica, com base em aspectos relacionados à geração de renda e modelos de negócios vinculados à redução e gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) qual a escala de relevância (1 a 10) que você atribui à:

Modelos de negócios circulares:

Mercados que viabilizem a circulação de *materiais secundários*:

Desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de materiais:

Viabilidade econômica:

Políticas nacionais adequadas às capacidades regionais:

Oportunidade de geração de renda individual e coletiva:

Inclusão e progresso social:

Empreendedorismo:

Obs.: Gostaria de acrescentar algum aspecto ou registrar algum comentário sobre a dimensão econômica: Se sim: (Campo para o registro)

Na dimensão social, com base em aspectos relacionados aos atores envolvidos, que incluem o setor informal qual a escala de relevância (1 a 10) que você atribui à:

Reconhecimento e integração do trabalho informal:

Incentivos públicos à formalização:

Qualificação pública-privada do setor informal:

Cooperativas e associações de catadores:

Sinergia entre as partes envolvidas:

Obs.: Gostaria de acrescentar algum aspecto ou registrar algum comentário sobre a dimensão social: Se sim: (Campo para o registro)

Na dimensão institucional, com base em aspectos relacionados ao papel do Estado, composições legais e institucionais, legislação sobre responsabilidades e metrópoles qual a escala de relevância (1 a 10) que você atribui à:

Adequação de ideais globais em políticas e práticas locais:

Articulação das partes envolvidas:

Capacitação das organizações públicas e privadas:

Leis e acordos internacionais:

Legislação nacional específica sobre Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE):

Legislação regional e local sobre Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE):

Parcerias público-privadas:

Subsídios e incentivos públicos à cadeia de valor da reciclagem:

Fundo nacional de subsídios à reciclagem:

Cooperação e parcerias intrarregionais:

Responsabilidade estendida ao produtor:

Responsabilidade compartilhada produtor-consumidor:

Organizações de Responsabilidade do Produtor:

Protagonismo das metrópoles na redução e gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE):

Aplicação dos conceitos de cidades sustentáveis:

Aplicação de soluções em TI (tecnologia das informações) das *smart cities:*

Obs.: Gostaria de acrescentar algum aspecto ou registrar algum comentário sobre a dimensão institucional: Se sim: (Campo para o registro)

Gostaria de registrar algum comentário final:

(Campo para o registro)

**Gostaria de ser informado quando da publicação dos resultados dessa pesquisa em tese de doutorado no repositório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)? ()sim () não

Pesquisa finalizada!

Agradecemos seu apoio, certos de que sua contribuição será de grande valor à pesquisa.

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da pesquisa: *Framework* aplicável em políticas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*).

Pesquisador responsável pela pesquisa: Christian Luiz da Sila.
E-mail: christiansilva@utfpr.edu.br

Pesquisadora Assistente: Nádia Mara Franz
E-mail: nadiafranz@alunos.utfpr.edu.br

Local de realização da pesquisa: Brasil, no ambiente online, direcionado a especialistas técnicos e científicos envolvidos em atividades de gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE).

Tempo de resposta à pesquisa online: O tempo estimado para responder às perguntas da pesquisa online é de oito minutos em local seguro e confortável.

A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

1. **Apresentação da pesquisa.**

O aumento da população e da crescente urbanização tem desafiado os governos a administrar de forma sustentável a elevação da geração de resíduos, em especial dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), que cresce três vezes mais rápido que o aumento populacional. Nesse contexto, os países do BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*), dados seus expressivos números, são fundamentais para a gestão eficaz dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) alinhados aos princípios da economia circular, viabilizando a introdução de recursos secundários nas cadeias produtivas.

2. **Objetivos da pesquisa.**

O objetivo principal dessa pesquisa é apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis em políticas e ações para a gestão sustentável dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) de uso doméstico baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*).

3. **Participação na pesquisa.**

Você está sendo convidado a participar dessa pesquisa que consiste no preenchimento de entrevista semiestruturada online contendo perguntas fechadas e

abertas relativas a aspectos importantes a resultantes positivas na gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no âmbito dos países dos BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*).

4. Confidencialidade.

Com o intuito de garantir o sigilo e a privacidade do participante da pesquisa, os pesquisadores comprometem-se em não divulgar os dados pessoais dos participantes, bem como assegurar que os dados coletados sejam somente manuseados pelos pesquisadores envolvidos na pesquisa. Os dados coletados serão transferidos para um dispositivo eletrônico local onde serão guardados até a publicação dos resultados na tese de doutorado no repositório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

5. Riscos e Benefícios.

5a) Riscos: Os riscos decorrentes da pesquisa são mínimos, pois a participação se dará em responder um questionário online. Contudo, caso o participante sinta algum constrangimento poderá efetuar a interrupção imediata de sua participação, bem como não ter a obrigatoriedade de responder a todas as perguntas.

5b) Benefícios: As respostas do questionário fornecerão uma matriz de relevância de aspectos importantes a um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis em políticas e ações para a gestão sustentável dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) de uso doméstico baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*). Desta forma, por envolver formatação de políticas públicas, os conhecimentos e conclusões resultantes beneficiará a sociedade em geral e a parceria entre esses países.

6. Critérios de inclusão e exclusão.

6a) Inclusão: Serão convidados a participar da pesquisa especialistas técnicos e científicos, maiores de 18 anos, que tenham atuado nos últimos 2 anos em atividades relacionadas à gestão dos Resíduos dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no Brasil em organizações de mercado, governamentais e não governamentais e; que tenham dado o aceite à Carta Convite e concordância ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O especialista que não der o aceite à Carta Convite e concordância ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) não será incluído como participante da pesquisa online.

6b) Exclusão: Não se aplica.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

O participante tem o direito de deixar o estudo a qualquer momento, de receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa e evidenciar a liberdade de recusar ou retirar o seu consentimento a qualquer momento sem penalização. Além disso, o participante tem o direito de ter acesso aos resultados de análise da pesquisa por meio de consulta à tese de doutorado a ser publicada no repositório da UTFPR. Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse :

( ) quero receber os resultados da pesquisa (email para envio :_____)
( ) não quero receber os resultados da pesquisa

8. Ressarcimento e indenização.

A participação na pesquisa é voluntária e não há remuneração ao participante. Calcula-se que não haverá ressarcimento ao participante, pois não há previsão de gastos com alimentação e transporte. Entretanto, é garantido o direito à indenização para cobertura material de reparação de danos, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR). **Endereço:**Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Bairro Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, **Telefone:** (41) 3310-4494, **e-mail:** coep@utfpr.edu.br.

B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, benefícios, ressarcimento e indenização relacionados a este estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome Completo:
_____
RG:_____
Data de Nascimento:___/___/_____Telefone:_____
Endereço: _____
CEP: _____ Cidade:_____ Estado: _____
Assinatura_____ Data: ___/___/_____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome completo: Christian Luiz da Silva_____
Assinatura pesquisador (a): Data:___/___/__
_____

Nome completo: Nádia Mara Franz_____

Assinatura pesquisadora: Data:___/___/__

_____

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Christian Luiz da Silva, via e-mail: christiansilva@utfpr.edu.br ou e/ou com Nádia Mara Franz, via e-mail: nadiafranz@alunos.utfpr.edu.br.

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos para denúncia, recurso ou reclamações do participante pesquisado:
Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)
Endereço: Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, **Telefone:** 3310-4494, **E-mail:**coep@utfpr.edu.br

OBS: este documento deve conter 2 (duas) vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante da pesquisa.

APÊNDICE D - Carta Convite ao Especialista

Assunto: Carta Convite para participar de pesquisa.

Prezado Especialista

Viemos por meio desta lhe convidar a participar de uma pesquisa online relacionada ao tema de **gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)**.
Essa pesquisa faz parte da minha tese de doutorado (Nádia Mara Franz) no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade (PPGTE) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), orientada pelo Prof. Dr. Christian Luiz da Silva.

O estudo intitulado como "**Framework aplicável em políticas de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS** (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*)", tem o objetivo de apresentar um *framework* para o desenvolvimento de proposições aplicáveis nas políticas e ações para a gestão sustentável dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) de uso doméstico baseado nos princípios da economia circular no âmbito dos países do BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*). Para tal, são descritas as composições legais e institucionais da gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*), identificados seus diferentes atores e estruturados aspectos teóricos importantes a resultantes positivas na gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) no âmbito desses países. Além disso, **busca-se validar as proposições teóricas aplicáveis em políticas e ações de gestão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) nos países do BRICS** (*Brazil, Rússia, Índia, China, South África*) **com especialistas da área, no qual buscamos a sua valiosa participação**.

Desse modo, reforçamos o convite a sua participação voluntária em uma pesquisa online de curta duração (aproximadamente 8 minutos em local seguro e confortável) a ser enviada posteriormente.

Agradecemos desde já seu apoio, certos de que sua contribuição será de grande valor à pesquisa.

Por fim, **se estiver de acordo, solicitamos responder a este e-mail como seu aceite**.

Atenciosamente,

Profa. Ma. Nádia Mara Franz
Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Tecnologia - PPGTE/ UTFPR
Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/5677066159515421

Prof. Dr. Christian Luiz da Silva
Programa de Pós-graduação em Planejamento e Governança Pública - PGP/ UTFPR
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR/ UTFPR
Programa de Pós-graduação em Tecnologia - PPGTE/ UTFPR
Departamento de Gestão e Economia - DAGEE/ UTFPR
Editor da Revista Tecnologia e Sociedade
Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/8046559694932152

APÊNDICE E – Publicação de trabalhos

Publicação de trabalhos

Periódicos

1. FRANZ, Nádia Mara; SILVA, Christian Luiz da. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): global and contemporary challenge to production chains and the urban environment. **Gestão & Produção**, v. 29, 2022.

2. FRANZ, Nádia Mara; SILVA, Christian Luiz da. Implementation of national public policies as a transition strategy to the circular economy: experiences of Japan, the European Union and China. **Latin American Journal of Management for Sustainable Development**, v. 5, n. 3, p. 204-221, 2022.

3. SANTOS, Évani Larisse dos et al. Cidades inteligentes e sustentáveis: percepções sobre a cidade de Curitiba/PR a partir dos planos plurianuais de 2014 a 2021. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 14, 2022. (Évani Larisse dos Santos, Nádia Mara Franz, Angelo Guimarães Simão, Simão Ternoski, Christian Luiz da Silva, Gilson Ditzel Santos).

4. DA SILVA, Christian Luiz; FRANZ, Nádia Mara. Análise de brandings urbanos contemporâneos na ótica da sustentabilidade: abordagens centrais, potencialidades e limitações. **Drd-Desenvolvimento Regional Em Debate**, v. 10, n. ed. esp., p. 60-89, 2020.

Congressos/Encontros

1. FRANZ, Nádia Mara; SILVA, Christian Luiz da. Implementação de políticas públicas nacionais como estratégia de transição para a economia circular: experiências do Japão, União Europeia e China. **Anais ENGEMA XXIII**. 194. 2021. (Aprovado para fast track).

2. FRANZ, Nádia Mara; DA SILVA, Christian Luiz. Modelos sociais e econômicos de tecnologia sustentável. **Anais do Encontro Mãos de Vida**, v. 5, n. 1, 2019.