

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**VIVIANE ESTÁCIO DE PAULA**

**UMA PROPOSTA CONCEITUAL DE INDICADORES DE BIODIVERSIDADE  
URBANA**

**CURITIBA  
2021**

**VIVIANE ESTÁCIO DE PAULA**

**UMA PROPOSTA CONCEITUAL DE INDICADORES DE BIODIVERSIDADE  
URBANA**

**A CONCEPTUAL PROPOSAL FOR URBAN BIODIVERSITY INDICATORS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Fernandes

**CURITIBA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

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  
Câmpus Curitiba**



VIVIANE ESTACIO DE PAULA

**UMA PROPOSTA CONCEITUAL DE INDICADORES DE BIODIVERSIDADE URBANA.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Ciência E Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologias E Processos Ambientais.

Data de aprovação: 24 de Maio de 2021

Prof Valdir Fernandes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Andre Nagalli, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Marcelo Limont, Doutorado - Universidade Positivo (Up)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 24/05/2021.

## AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus pela vida, pela competência de aprender e pela saúde para cumprir o trabalho que me propus.

O caminho para a elaboração desta dissertação foi cercado por pessoas incríveis que acreditaram e me apoiaram em todas as fases. Diferentes foram as formas de participação de cada um, mas todos os envolvidos foram sem sombra de dúvidas insubstituíveis.

Agradeço a minha família, aos meus pais Ademir Estácio de Paula e Terezinha Balaban de Paula que não mediram esforços para me apoiar financeiramente e psicologicamente em todos os momentos que foram necessários, sendo a fonte de amor mais incentivadora que existe para mim. Aos meus irmãos Vania Estácio de Paula e Evandro Estácio de Paula, a minha cunhada Brenda Nara da Silva Walczak Estácio de Paula que sempre foram pacientes e me encorajaram a seguir sempre em frente. Aos meus sobrinhos Kaiky Gustavo Batista e Naomi Cristina Estácio de Paula que sempre foram a minha forma de recarregar as energias e me manter firme na trajetória para dar orgulho a eles.

Aos meus amigos de longa data de União da Vitória/ PR, que me apoiaram sempre, aos amigos novos que tive o privilégio de conhecer no mestrado: Ketinny Camargo de Castro, Fernando Rodrigues da Silva, Pedro Quadros e Hélen Cristina Reis.

À Eduarda Roberta Bordin e a Tatiani Andressa Modkovski, minha família em Curitiba, que sempre me inspiraram e me motivaram a continuar.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Valdir Fernandes por todos os conhecimentos compartilhados, pela confiança, paciência, generosidade e atenção durante este processo.

Ao Prof<sup>o</sup> Rafael Kuster de Oliveira pelo essencial apoio, na estruturação da pesquisa bibliométrica, no uso dos softwares, na estruturação da planilha dinâmica e nos debates dos resultados.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa NIPAS, que dividiram comigo os desafios acadêmicos e as conquistas intelectuais.

À banca avaliadora composta pelo Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcelo Limont que sempre me incentivou e foi um verdadeiro amigo nos momentos de ansiedade e dúvidas sobre o trabalho. O Prof<sup>o</sup> Dr. André Nagalli pelos apontamentos e contribuições para melhorar o trabalho.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento desta pesquisa-Código de Financiamento 001.

*“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível”.*

(São Francisco de Assis)

## RESUMO

PAULA, Viviane Estácio. **Uma proposta conceitual de indicadores de biodiversidade urbana**. 2021. 192 p. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

Com a emergência do conceito de desenvolvimento sustentável e seus desdobramentos, um dos grandes desafios que persiste é o de como avaliar os impactos das atividades socioeconômicas sobre o meio ambiente, assim como os avanços alcançados rumo à sustentabilidade. Dentre os instrumentos desenvolvidos e aperfeiçoados, desde a década de 1970, os indicadores de sustentabilidade surgiram, primeiro como indicadores ambientais, evoluíram para indicadores de avaliação das dimensões de desenvolvimento sustentável de forma independente, até se chegar aos indicadores de sustentabilidade, quando as diferentes dimensões passaram a ser articuladas. Indicadores de biodiversidade urbana são uma das variações de indicadores de sustentabilidade, com foco na avaliação das perdas crescentes da biodiversidade com a degradação dos ecossistemas e suas consequências, assim como dos benefícios de sua conservação. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo, propor uma estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana, visando seu monitoramento e avaliação. A pesquisa propõe uma estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana, como base para a avaliação de sustentabilidade. Para isso, a metodologia adotada baseou-se na revisão sistemática de literatura e análise de conteúdo, utilizando-se de método misto para caracterizar quantitativa e qualitativamente as inferências de uso de indicadores de biodiversidade urbana na avaliação da sustentabilidade das cidades. A partir da análise de como as propostas de avaliação de sustentabilidade urbana, presentes na literatura, são descritas pelos autores, foi possível identificar nove principais tendências temáticas que englobam a sustentabilidade urbana. A categorização dos indicadores de sustentabilidade urbana, de acordo com as possibilidades de uso, demonstrou uma maior tendência temática sobre os serviços ecossistêmicos, sugerindo que os clusters priorizam na sua maioria o valor instrumental da biodiversidade. A estrutura conceitual proposta considerou o modelo PEIR – Pressão, Estado, Impacto e Resposta. A partir dos resultados, concluiu-se que existe predominância de abordagens tais como, ecologia urbana, existência de áreas verdes urbanas, desafios para o paisagismo urbano, parques urbanos, relação cidade e sociedade e interferências da expansão urbana no meio ambiente. Essa predominância, se deve a aproximação da temática de sustentabilidade urbana e biodiversidade e justifica-se por serem os mais citados entre as publicações analisadas. Esses dados demonstram que há uma preocupação em discutir a relação da urbanização e o crescimento populacional e como esses elementos podem interferir no processo funcional dos ecossistemas naturais. Através desta pesquisa foi possível identificar as principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade urbana propostas na literatura. A categorização dos indicadores de sustentabilidade urbana, aqui empreendida, permitiu também estabelecer um caminho teórico e metodológico para inserir indicadores de biodiversidade nos processos de avaliação.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Monitoramento; Meio ambiente urbano.

## ABSTRACT

PAULA, Viviane Estácio. **A conceptual proposal for urban biodiversity indicators**. 2021. 192 p. Master Tesis (Master's Degrees in Environmental Science and Technology) – Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2021.

With the emergence of the concept of sustainable development and its developments, one of the major challenges that persists is how to evaluate the effects of socioeconomic activities on the environment, as well as the progress made towards sustainability. Among the instruments developed and improved since the 1970s, sustainability indicators first emerged as environmental indicators, developed into indicators for assessing the dimensions of sustainable development independently, until it reaches the sustainability indicators when it articulates the different dimensions of sustainability. Urban biodiversity indicators are one variation of sustainability indicators, focusing on the assessment of the increasing losses of biodiversity with degradation of ecosystems and their consequences, as well as the benefits of their conservation. In this sense, this study aimed to propose a conceptual structure of urban biodiversity indicators, aiming at their monitoring and evaluation. The research proposes a conceptual structure of urban biodiversity indicators, as a basis for the sustainability assessment. For this, the adopted method bases on the systematic review of literature and content analysis, using a mixed method to characterize quantitatively and qualitatively the inferences of the use of urban biodiversity indicators in the sustainability evaluation of cities. From the analysis of how authors describe the proposals for urban sustainability evaluation present in the literature, it was possible to identify nine main thematic trends that encompass urban sustainability. The categorization of urban sustainability indicators, according to the possibilities of use, demonstrated a greater thematic trend on ecosystem services, suggesting that the clusters prioritize mostly the instrumental value of biodiversity. Given these discussions, the proposed conceptual structure considered the PSIR model - Pressure, State, Impact, and Response. From the results, it concludes that approaches are predominant such as urban ecology, the existence of urban green areas challenges for urban landscaping, urban parks, city, and society relationship and interference of urban expansion in the environment. This predominance is because of the approximation of the theme of urban sustainability and biodiversity, and it justifies by being the most cited among the publications analyzed. These data show that there is a concern to discuss the relationship between urbanization and population growth and about how these elements interfere in the functional process of natural ecosystems. Through this research, it was possible to identify the major tools of urban sustainability evaluation proposed in the literature. The categorization of urban sustainability indicators, undertaken here, also allowed establishing a theoretical and methodological path to insert biodiversity indicators in the evaluation processes.

**Keywords:** Sustainability; Monitoring; Urban environment.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Eventos históricos e avanços científicos na pesquisa em sustentabilidade.....	26
<b>Figura 2.</b> As 7 dimensões da Sustentabilidade (lato sensu). .....	28
<b>Figura 3.</b> Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. ....	31
<b>Figura 4.</b> Contribuição dos países com o aumento da população urbana entre 2014 e 2050. 33	
<b>Figura 5.</b> Distribuição percentual da população brasileira. ....	34
<b>Figura 6.</b> Evolução do Nível de Urbanização, Brasil, África e Ásia, 1950-2050. ....	35
<b>Figura 7.</b> Porcentagem da população brasileira que vive em área urbana, por região. ....	35
<b>Figura 8.</b> Modelo de consumo. ....	36
<b>Figura 9.</b> Proporção da população urbana vivendo em domicílios precários – Brasil e UFs..	37
<b>Figura 10.</b> Linha do tempo das realizações das COPs.....	43
<b>Figura 11.</b> A biodiversidade e as mudanças globais.....	47
<b>Figura 12.</b> Relação entre biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano. ....	48
<b>Figura 13.</b> Proporção média de áreas de biodiversidade protegidas, 2000-2018 (%). ....	53
<b>Figura 14.</b> Modelo conceitual de como a biodiversidade é impactada e controlada no meio ambiente urbano. ....	55
<b>Figura 15.</b> Benefícios da conservação da biodiversidade urbana.....	56
<b>Figura 16.</b> A pirâmide de indicadores, ilustrando a relação entre dados, indicadores e índices, bem como seus principais grupos de usuários.....	62
<b>Figura 17.</b> Princípios de Bellagio. ....	64
<b>Figura 18.</b> Serviços ecossistêmicos selecionados para compor um conjunto de indicadores. 75	
<b>Figura 19.</b> Principais etapas metodológicas da pesquisa.....	77
<b>Figura 20.</b> Fluxograma de pesquisa.....	79
<b>Figura 21.</b> Roteiro Metodológico. ....	80
<b>Figura 22.</b> Exemplo de acoplamento bibliográfico. ....	85
<b>Figura 23.</b> Etapas da AC.....	86
<b>Figura 24.</b> Trecho cda planilha dinâmica: Termos vs Clusters. ....	87
<b>Figura 25.</b> Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana. ....	89
<b>Figura 26.</b> Exemplo de acoplamento bibliográfico com parte dos dados.....	91
<b>Figura 27.</b> Mapa da rede de Acoplamento Bibliográfico. ....	92
<b>Figura 28.</b> Estrutura conceitual para a contabilidade generalizada de recursos do ambiente. ....	102
<b>Figura 29.</b> Variáveis para considerar qualidade ambiental. ....	115



<b>Figura 30.</b> Esquema para representar as referências utilizadas para categorizar os indicadores na pesquisa.....	133
<b>Figura 31.</b> Fluxograma da metodologia de avaliação estratégica com base em indicadores.	139
<b>Figura 32.</b> Principais temas relacionados a aplicabilidade dos indicadores de sustentabilidade urbana segundo os artigos mais citados.....	140
<b>Figura 33.</b> Esquematização do modelo PER – Pressão, Estado e Resposta. ....	143

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Sistemas ambientais internacionais pós conferência de Estocolmo.....	25
<b>Quadro 2.</b> Marcos ambientais do PNUMA. ....	27
<b>Quadro 3.</b> Características dos Sistemas Urbanos Sustentáveis. ....	40
<b>Quadro 4.</b> Ações das Conferências das Partes. ....	44
<b>Quadro 5.</b> Situação das metas e dos indicadores globais do ODS 14. ....	50
<b>Quadro 6.</b> Resumo das 20 Metas de Aichi. ....	57
<b>Quadro 7.</b> Diferentes descrições utilizadas para indicadores. ....	62
<b>Quadro 8.</b> Indicadores de Biodiversidade Mapeados pelo grupo de pesquisa NIPAS. ....	69
<b>Quadro 9.</b> Indicadores de biodiversidade urbana .....	74
<b>Quadro 10.</b> Documentos sobre iniciativas de indicadores no âmbito da CBD décadas 1990-2010. ....	75
<b>Quadro 11.</b> Etapas da pesquisa.....	78
<b>Quadro 12.</b> Vantagens e Desvantagens do WoS e Scopus.....	81
<b>Quadro 13.</b> Coleta de dados no Scopus e Web of Science.....	82
<b>Quadro 14.</b> Princípios bibliométricos dos filtros. ....	83
<b>Quadro 15.</b> Agrupamento dos artigos em clusters. ....	90
<b>Quadro 16.</b> Trabalhos não agrupados.....	127
<b>Quadro 17.</b> Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana. ....	144

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Trabalhos que compõem o grupo 1: expansão urbana.....	93
<b>Tabela 2.</b> Variáveis socioeconômicas e espaciais usadas para quantificar estado ecohidrológico urbano. ....	96
<b>Tabela 3.</b> Trabalhos que compõem o grupo 2: áreas verdes urbanas. ....	100
<b>Tabela 4.</b> Trabalhos que compõem o grupo 3: sustentabilidade e governança .....	105
<b>Tabela 5.</b> Trabalhos que compõem o grupo 4: uso e ocupação da terra. ....	109
<b>Tabela 6.</b> Trabalhos que compõem o grupo 5: parques urbanos. ....	113
<b>Tabela 7.</b> Trabalhos que compõem o grupo 6: ecologia urbana. ....	117
<b>Tabela 8.</b> Trabalhos que compõem o grupo 7: paisagismo urbano. ....	120

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise de Conteúdo
ANA	Agência Nacional de Águas
BB	Biodiversity Barometer
BII	Biodiversity Intergrity Index
BIP	Biodiversity Indicators Partnership
BS	Barometer of sustainability
CBI	Índice biodiversidade urbana
CBD e CDB	Convenção de Diversidade Biológica
CDS	Comissão de Desenvolvimento Sustentável
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes
DS	Dashboard of sustainability
DSR	Driving force, State, Response
EEA	Agência Ambiental Europeia
EFM	Ecological footprint method
GRI	Global Reporting initiative
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDS	Indicadores de Desenvolvimento sustentável
IFDM	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal
IPBES	Plataforma Intergovernamental Político-Científica sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos
LPI	Living Planet Index
MEA	Avaliação Ecossistêmica do Milênio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NIPAS	Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIT	Organização Internacional do Trabalho
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PER	Pressão, Estado, Resposta
PIB	Produto Interno Bruto
PNDU	Política Nacional de Desenvolvimento Urbano
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSF	Programa de Saúde da Família
RMC	Região metropolitana de Curitiba
SCB	Society for Conservation Biology
SEBI	Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
TNR	Taxa de não resposta
UM-CSD	United Nations Commission on Sustainable Development
UNFPA	Fundo de População das Nações Unidas
WCED	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
WOS	Web of Science

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS ....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>22</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Sustentabilidade Urbana .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Biodiversidade Urbana.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3 Indicador de sustentabilidade.....</b>	<b>60</b>
<b>3.4 Indicador de biodiversidade .....</b>	<b>71</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>77</b>
<b>4.1 Caracterização da Pesquisa .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2 Etapas da pesquisa.....</b>	<b>78</b>
<b>4.3 Fluxograma de pesquisa .....</b>	<b>79</b>
<b>4.4 Estratégias de coleta e análise.....</b>	<b>80</b>
4.4.1 Coleta de Dados .....	80
4.4.2 Análise dos dados .....	84
4.4.3 Análise de conteúdo.....	86
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>90</b>
<b>5.1 Biodiversidade e Sustentabilidade urbana .....</b>	<b>90</b>
5.1.1 Cluster 1: Expansão urbana .....	93
5.1.2 Cluster 2: Áreas verdes urbanas.....	100
5.1.3 Cluster 3: Sustentabilidade e governança .....	105
5.1.4 Cluster 4: Uso e ocupação da terra .....	109
5.1.5 Cluster 5: Parques urbanos .....	113
5.1.6 Cluster 6: Ecologia Urbana.....	117
5.1.7 Cluster 7: Desafios do Paisagismo Urbano.....	120

5.1.8 Cluster 8: Cidade e Sociedade .....	123
5.1.9 Cluster 9: Jardins Urbanos .....	125
5.1.10 Análises das publicações .....	126
<b>5.2 Categorias de indicadores de sustentabilidade urbana .....</b>	<b>132</b>
<b>5.3 Aplicabilidade dos indicadores de sustentabilidade urbana .....</b>	<b>138</b>
<b>5.4 Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade para avaliação de sustentabilidade urbana .....</b>	<b>142</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>151</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>176</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este projeto insere-se nas pesquisas sobre indicadores, como instrumentos de avaliação de sustentabilidade. Versa especificamente sobre indicadores de biodiversidade urbana. Enquadra-se na linha de pesquisa de gestão e monitoramento ambiental do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que busca a compreensão das dinâmicas ambientais frente às intervenções humanas. É também parte das pesquisas realizadas no âmbito do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS).

Parte-se do conceito de sustentabilidade e sua evolução a partir da década de 1970, como uma reação da humanidade a uma série de eventos e desastres naturais (FOLKE et al., 2016). Reação esta, que levou os países a produzirem os sistemas de gestão ambiental, como resposta ao reconhecimento de uma série de problemas ambientais (PHILIPPI JR. et al., 2014). O alerta para a necessidade de cuidar do planeta, surgiu a partir do momento em que houve a percepção de que as mudanças ocorridas estavam sendo responsáveis também por grandes danos ao meio ambiente (HUANG; WU; YAN, 2015).

Partindo dessa ideia, Fernandes e Philippi Jr. (2017) se referem a este movimento como o momento que o ser humano percebeu que os recursos naturais oferecidos pela natureza não são infinitos. Os mesmos autores em análise à luz da evolução sociopolítica do conceito de sustentabilidade, apontam que a partir de 1970 é que esse conceito passou a ser inserido no contexto de desenvolvimento dos países.

A partir dessa definição, percebeu-se a necessidade de olhar para essas condições de sustentabilidade estabelecendo duas dimensões diferentes, a de sociedade versus natureza e a de análises em escalas locais e globais. Esse olhar, culminou no surgimento das ciências da sustentabilidade, a partir de 1992, quando se percebeu que os problemas socioambientais demandavam conhecimentos e métodos de diversas áreas, bem como perspectiva interdisciplinar de pesquisa e atuação com interações transdisciplinares junto a atores não acadêmicos (FERNANDES; PHILIPPI JR., 2017).

Para Aquino et al. (2014), esses acontecimentos fizeram parte da evolução do conceito de desenvolvimento para o de desenvolvimento sustentável. Segundo Almeida e Gonçalves (2018), a visibilidade do termo sustentabilidade, como qualificador do desenvolvimento, foi assim impulsionada, levando-se a repensar o conceito de desenvolvimento para além dos aspectos econômicos. Em termos conceituais, esse movimento se deu, sobretudo, a partir dos trabalhos de Sachs (2006), quando esse autor propõe um modelo multidimensional de



desenvolvimento, tendo com fundamento o atendimento às necessidades básicas de trabalho, moradia, educação e saúde. No âmbito urbano, a sustentabilidade preconiza que as mudanças, considerem a alta demanda por habitação, mobilidade, infraestrutura, equipamentos e espaços culturais e de lazer, serviços ambientais, de saúde e educação e novas ocupações produtivas (PHILIPPI JR, 2017, p. 4).

Para Sachs, a sustentabilidade também pressupõe a solidariedade sincrônica com a geração atual e, diacrônica com as gerações futuras (SACHS, 2006). Ou seja, a definição de sustentabilidade é representada pela necessidade de produção de bens e serviços que atendam a qualidade de vida de uma sociedade, mas que, ao mesmo tempo seja preservada para também atender essas mesmas necessidades de qualidade de vida da próxima geração que ali irá habitar (SACHS, 2010).

O conceito de sustentabilidade urbana, segundo Sayago e Pinto (2005), é consoante com o conceito de gestão urbana. A aplicação do conceito de sustentabilidade em âmbito urbano, é um dos grandes desafios, representado pela dificuldade apresentada de as cidades acompanharem, por meio de políticas públicas, o aumento da população, que por consequência exige maior oferta de serviços, demandas sociais, equilíbrio entre as demandas de serviços urbanos e investimentos em estrutura (ACSELRAD, 1999). Além disso, o estilo americano de vida, em que comprar bens de consumo significava alcançar melhor qualidade de vida, se tornou o centro de discussões que foram determinantes para delimitar os desafios de sustentabilidade, frente à degradação socioambiental da sociedade de consumo, e estabelecer a definição de sustentabilidade urbana (ACSELRAD, 1999).

Os desafios da sustentabilidade urbana de acordo com o relatório do Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA), produzido em 2007 (MARTINE, 2007), torna-se mais complexo pelo crescente consumo de energia e por consequência a emissão de gases que contribuem para as mudanças climáticas (SAETA, 2012). As mudanças climáticas, por sua vez, podem afetar as cidades por meio de riscos de inundações, ilhas de calor (impermeabilização nas cidades que aumentam as temperaturas) e problemas de saúde, em virtude ao grande número de pessoas que acabam vivendo em locais de pobreza e sem saneamento básico (LEITE; AWAD, 2011).

Considerando todos estes fatores, a elaboração de métodos que avaliam a sustentabilidade tornou-se indispensável na busca do equilíbrio entre o ambiente construído e a sustentabilidade urbana (MASSIMINI; GONÇALVES, 2016).

Mori e Christodoulou (2012), argumentam que as avaliações da sustentabilidade das áreas urbanas são importantes, pois elas de forma direta e indireta também estendem os

problemas para além de seus limites. A relevância da avaliação se dá pela possibilidade de descrever o estado da sustentabilidade local, quantificar a sustentabilidade, incorporar *feedbacks* das políticas durante a implementação e apontar as melhores medidas a serem tomadas (DIZDAROGLU, 2015).

Neste sentido, indicadores de sustentabilidade constituem importantes instrumentos de avaliação. Os indicadores são entendidos como um conjunto de parâmetros que descrevem um ambiente. Segundo a OECD (2003), os indicadores podem agrupar informações que facilitam as medições de parâmetros de determinada análise, contudo as informações presentes em um conjunto de indicadores precisam ser limitadas à clareza e precisão para simplificar a comunicação de resultados.

O conceito de indicador tem origem o latim e significa “*indicare*”, que é o ato de descobrir, apontar, anunciar, estimar e comunicar (HAMMOND et al., 1995). Para Van Bellen (2002), o objetivo principal dos indicadores é o de agregar informações para dar um significado mais claro a resultados de pesquisas que vem sendo abordados.

Os primeiros esforços para desenvolver indicadores para avaliar a sustentabilidade se deram a partir da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92, que conforme Siche et al. (2007) deveria abranger os aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos.

Meadows (1998), um conjunto de indicadores tem por função primordial informar a sociedade sobre os possíveis problemas futuros que as ações atuais podem desencadear, ou seja, é utilizado como um instrumento de avaliação e monitoramento, com base em fonte de dados, informações expressas em valores, conceitos ou símbolos, para determinar a realidade de um processo, ou resultado, a curto, médio ou longo prazo.

Van Bellen (2005) defende a ideia de que a proposta de sustentabilidade perpassa por dimensões interdisciplinares, o que demonstra a necessidade de indicadores que retratem essas diferenças. Resgatando a ideia do surgimento de indicadores de sustentabilidade a partir da Rio 92, é possível observar que houve uma evolução deste contexto, que foi desde propostas de indicadores ambientais, passando por indicadores de desenvolvimento sustentável até chegar em indicadores de sustentabilidade (QUIROGA, 2007).

Pode-se distinguir essas três gerações de acordo com a abordagem de diferentes aspectos. Os indicadores ambientais presentes na década de 1980, que evoluíram para indicadores de desenvolvimento sustentável, junto com a expansão do conceito, não ponderavam a relação entre os diferentes itens presente em cada meio, desconsiderando assim qualquer ligação entre os processos naturais e os socioeconômicos. A segunda geração, marcada pela disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável, na década de 1990, tratava os

indicadores de forma mais complexa, na qual já se pensava em dados presentes nas diferentes esferas da sociedade, no que tange o desenvolvimento sustentável. Essas esferas consideradas, eram a econômica, a social, a institucional e a ambiental, mas ainda consideradas individualmente, sem estabelecer ligação sistêmica entre elas. A partir da década de 1990, esses indicadores evoluem para indicadores de sustentabilidade. Ou seja, a partir daí a avaliação das dimensões do desenvolvimento sustentável passa a ter uma visão em conjunto, de forma integrada, constituindo-se assim, a terceira geração de indicadores (QUIROGA, 2011).

Quando a referência é indicadores de desenvolvimento sustentável, pode ser observada a utilização de informações que resumem a relação de dados econômicos, sociais e ambientais, mas, não obrigatoriamente com ligação entre estes (QUIROGA, 2009). Enquanto os indicadores de sustentabilidade correspondem a uma complexidade ainda maior, que agrupa todos os indicadores na mesma dimensão de análise, resultando assim em um sistema amplo e detalhado (QUIROGA, 2009).

O mais popular dos sistemas de indicadores ambientais é o PER (Pressão, Estado, Resposta), originalmente apresentado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 1993; TAYRA; RIBEIRO, 2006). Sendo os indicadores de estado aqueles que descrevem situações presentes, do estado físico ou biológico, de forma a apresentar o atual estado dos sistemas naturais. Os indicadores de pressão, que norteiam uma medição/avaliação dos sistemas diante das pressões exercidas pelas atividades antrópicas. E os chamados indicadores de resposta, que buscam avaliar a qualidade das políticas e acordos formulados para responder/minimizar os impactos antrópicos (ESI, 2002; HERCULANO, 1998; ISLA, 1998).

Van Bellen (2005) apresenta os sistemas de indicadores mais conhecidos até então: Pegada ecológica, utiliza dados referentes aos tipos de consumo humano e os transforma em referências de impacto ambiental; Painel de Sustentabilidade, utilizado como fonte de informação em relação a sustentabilidade dos diferentes setores da sociedade, sejam estes públicos ou privados; Barômetro da Sustentabilidade, um sistema onde são apresentados de forma visual uma descrição, de acordo com a abordagem de desenvolvimento sustentável, que informa a situação de nível local até global do bem-estar humano e tecnológico; Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que abrange dados de longevidade, conhecimento e padrão de vida ; Força Dirigida, Estado, Resposta, que atua no formato do sistema PER, onde a Pressão é substituída pela Força Dirigida exercida pelos setores aliados com o desenvolvimento; Iniciativa Relatório Global, conhecida como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade para empresas que buscam este reconhecimento.

Dentre todos esses modelos, deve-se observar que cada um apresenta uma restrição de acordo com o grupo de dados avaliados. Sendo, por exemplo, inviável comparar dados econômicos e financeiros com recursos humanos e taxas de perda de biodiversidade (VAN BELLEN, 2005). Por outro lado, a dificuldade de comparar não deve resultar em menor importância de cada uma das dimensões em relação às outras avaliadas.

No contexto urbano, por exemplo, em que se destaca a importância da sustentabilidade em relação aos aspectos socioeconômicos, não se pode esquecer de dar a mesma importância para os aspectos naturais. A exemplo de pesquisas no contexto urbano, Carbone (2019) e Carbone e colaboradores (2020) apontam alguns indicadores de avaliação de capital natural na perspectiva de planejamento territorial e da sustentabilidade urbana, destacando que atualmente outros sistemas de indicadores são utilizados de maneira mais ampla.

Nesse sentido, Peter et al. (1998) categorizou a biodiversidade entre os principais itens na avaliação de sustentabilidade urbana. O conceito de biodiversidade foi utilizado pela primeira vez em 1968 por Raymond F. Dalesman que se refere a variabilidade das espécies (SAVARD; CLERGEAU; MENNECHEZ, 2000; WILSON; PETER, 1988). Sendo assim, a variabilidade biológica das espécies pode apresentar diferentes padrões de acordo com a escala analisada (WHITTAKER, 1960).

Neste contexto, nasce o sub conceito biodiversidade urbana, reconhecido internacionalmente através da Convenção de Diversidade Biológica, CBD (2011) como “instrumento político-legal em âmbito internacional sob a gestão da biodiversidade” (CARDOSO, 2011). É utilizado para denominar a biodiversidade presente em meio a urbanização e formação de grandes cidades, ou seja, para designar a variedade ou a riqueza e abundância de organismos (incluindo variação genética) e habitats encontrados dentro e sobre a borda de assentamentos humanos vivos (MULLER et al., 2013).

As primeiras propostas de trabalho utilizando indicadores de biodiversidade surgiram no final da década de 80. Na época, buscava-se construir uma metodologia de coleta de dados que fosse capaz de descrever a interação e a pressão que a atividade humana exerce sobre o meio ambiente (BRAGA et al., 2009). Os indicadores de biodiversidade são um ou mais grupos de táxons com características de resposta sensível a alterações ambientais. Estes são selecionados por serem mensuráveis e observáveis e por terem correlação com a diversidade, apresentando taxas globais ou superiores à área de estudo (DUELLI; OBRIST, 2003; KREMEN et al., 1993; MCGEOGH, 2007).

De acordo com Tayra e Ribeiro (2006), é comum a utilização de indicadores como forma de avaliar a sustentabilidade de determinado meio. Em trabalho coletivo do NIPAS

desmembrou-se 1712 indicadores que compunham 86 propostas encontradas na literatura científica e em base de dados. Destes, 48 foram definidos para a avaliação da biodiversidade, demonstrando diferentes possibilidades para avaliar a dinâmica do processo em relação a construção da sustentabilidade urbana, tema desta pesquisa.

Da mesma forma, os autores Kazemi e Beecham (2013) e Muller e Werner (2010) desenvolveram pesquisas que consagraram a importância de haver um olhar específico para a biodiversidade nos momentos de se pensar na avaliação de sustentabilidade por meio de estruturas de indicadores.

Clergeau (2019), Farinha-Marques et al. (2011) e Savard, Clergeau e Mennechez (2000) reforçam em seus trabalhos a importância de estudos sobre a biodiversidade urbana. Esses autores apresentam pesquisas que se alinham à ideia de Kowarik, Fischer e Kendal (2020), que evidencia os benefícios da biodiversidade urbana e como o aumento da urbanização pode influenciar a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos. Cresce concomitante a essas propostas, portanto, a importância das cidades na conservação da biodiversidade para fins de sustentabilidade (HUANG; WU; YAN, 2015).

Essa profusão de pesquisas em indicadores e especificamente em indicadores de sustentabilidade, demonstram a importância científica e empírica dessa temática. Contudo, na revisão da literatura existente, poucas são as análises especificamente sobre indicadores de biodiversidade urbana. O presente estudo tem como pergunta de pesquisa: “como as categorias e indicadores poderiam compor uma estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana?”

Diante da gama de indicadores de biodiversidade, estabelecer os mais adequados para a avaliação da sustentabilidade urbana e propor um conjunto de indicadores específicos para biodiversidade urbana é o desafio segundo Huang, Wu e Yan (2015). Os autores vêm ao encontro do reconhecimento internacional da importância do papel das cidades e autoridades locais para as questões de biodiversidade, conforme defendido pela CBD (Convenção de Diversidade Biológica), que propôs a implementação de um índice que avalie a biodiversidade urbana (CBI, 2010).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Propor uma estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar propostas de avaliação de sustentabilidade urbana presentes na literatura;
- Categorizar os indicadores de biodiversidade de acordo com as possibilidades de uso;
- Caracterizar a aplicabilidade das estruturas de avaliação de sustentabilidade urbana.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Sustentabilidade Urbana

As primeiras ideias sobre sustentabilidade emergem a partir de uma série de marcos históricos que, segundo Fernandes e Philippi Jr (2017), significaram o despertar humano para a importância do ambiente nas atividades sociais e seus impactos, em especial das atividades econômicas.

Desastres como o que ocorreu no Vale do Meuse, na Bélgica, em 1930, quando a inversão da temperatura, devido à alta concentração de poluentes atmosféricos, matou 63 pessoas e provocou sequelas em mais de seis mil outros seres humanos. O SMOG, que ocorreu no ano de 1952 em Londres, e deixou a região encoberta pela névoa de fumaça de poluição, matando mais de quatro mil pessoas. E o desastre na cidade Minamata no Japão, em 1956, onde centenas de pessoas foram envenenadas por mercúrio presente na água e que até dezembro de 1974 registrou 107 mortes oficiais e quase três mil casos suspeitos. Esses e vários outros desastres, alertaram para a necessidade de conciliar as atividades sociais e econômicas com os limites da biosfera (HOGAN, 2007).

Outro marco importante, foi o livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson, que a partir de sua experiência pessoal, alerta para discussão sobre meio ambiente e as pressões provocadas pelas atividades humanas (CARSON, 1962). A autora discutiu em sua obra, a problemática dos pesticidas, em especial o DDT, e sua relação com a poluição e derivados do uso do mesmo, chamando a atenção para a diminuição da espessura das cascas de ovos de aves, resultando em problemas reprodutivos e na morte de diferentes espécies e ainda, as consequências do uso indiscriminado do produto para o meio ambiente e para a saúde humana.

Esse despertar incentivou que no ano de 1968, acontecesse em Roma o encontro de pesquisadores, governantes e outros membros da sociedade, determinando a criação do Clube de Roma. Esse tinha como tema de interesse comum, a preocupação com o futuro do homem e a inter-relação com os aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais em que estão inseridos (MEADOWS, 1972).

Esse movimento levou à preparação de um relatório sobre os limites do crescimento, base para a conferência de Estocolmo em 1972. O relatório concluiu um prognóstico de déficit de recursos naturais em um curto período, sendo, portanto, questionado que se a população continuasse a crescer na proporção que se esperava, a oferta de alimentos não seria compatível com a demanda (MEADOWS, 1972).

A conferência gerou compromissos políticos e internacionais, como a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), reconhecido pela concepção de que o desenvolvimento deveria ser freado, contendo o crescimento da população, limitando a produção industrial, o consumo de alimentos e matérias-primas e, como consequência disto, a cessão da poluição (HOGAN, 2007).

Paralelamente, nesse mesmo período, e como parte da preparação da conferência, Maurice Strong, então subsecretário-geral das Nações Unidas e Ignacy Sachs, produziram documentos como a Declaração de Estocolmo e o Plano de Ação para o Meio Ambiente, que estabeleceu princípios para questões ambientais internacionais, incluindo os direitos humanos, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e relação entre ambiente e desenvolvimento, conhecido também como a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (VIEIRA, 2013).

Esse documento foi a gênese do conceito de ecodesenvolvimento. Nas palavras de Sachs (1974) o conceito de ecodesenvolvimento buscava a resposta para a discussão sobre os limites do crescimento, e propunha definir a harmonia entre o desenvolvimento que a sociedade buscava vinculando-o as questões ambientais que estavam sendo impostas, sendo assim uma alternativa para evitar a ideia de que o crescimento populacional deveria se limitar a zero.

Para Jacobi (1999, p. 176):

“Os pressupostos do ecodesenvolvimento e outras formulações desenvolvidas nos anos 70 conseguiram introduzir o tema ambiental nos esquemas tradicionais de desenvolvimento econômico prevalentes na América Latina e, a partir deles, avançou-se na adoção de políticas ambientais mais estruturadas e consistentes”.

Esse processo configura-se a partir da implementação de análises setoriais e específicas que permitiram introduzir propostas, notadamente relativas ao manejo de recursos.

A partir da conferência de Estocolmo, no mundo todo, países passaram a estruturar seus sistemas de gestão ambiental, leis e decisões institucionais. A necessidade de se pensar em sustentabilidade e desenvolver esse pensamento proporcionou, ao longo do tempo a criação dos sistemas ambientais, e que seguiram um caminho histórico conforme Quadro 1 (PHILIPPI JR. et al., 2014).



**Quadro 1.** Sistemas ambientais internacionais pós conferência de Estocolmo

PAÍS	SISTEMA AMBIENTAL	ANO
JAPÃO	Lei de Conservação da Natureza	1972
CANADÁ	Environment Canadá	1972
CANADÁ	Ministério do Meio Ambiente	1985
GRÃ-BRETANHA	Departamento de Meio Ambiente	1985
ALEMANHA	Ministério do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear	1986
SUÉCIA	Ministério do Meio Ambiente	1986
CANADÁ	Código de Proteção Ambiental Canadense	1988
ALEMANHA	Escritório Alemão para a Proteção da Radiação	1989
ALEMANHA	Agência Federal de Conservação da Natureza	1993
JAPÃO	Lei Nacional de Meio Ambiente	1993
ALEMANHA	Agência de Proteção Ambiental	1994
JAPÃO	Plano de desenvolvimento sustentável	1994
SUÉCIA	Código Ambiental	1999
GRÃ-BRETANHA	Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Negócios Rurais	2001
JAPÃO	Ministério do Meio Ambiente	2001

**Fonte:** Philippi Jr. et al., (2014).

No Brasil, por exemplo, criou-se a Secretaria Especial de Meio Ambiente em 1973, o primeiro Congresso Brasileiro de Municípios e Meio Ambiente em 1986, estimulou a criação de Secretarias Municipais de Meio Ambiente. Na sequência em que os debates ambientais avançavam no Brasil, os demais sistemas ambientais foram sendo criados, o Ibama em 1989, e o Ministério do Meio ambiente de 1985, nomeado Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente que passou em 1992, a se chamar de Ministério do Meio Ambiente (PHILIPPI JR. et al., 2014).

Segundo Pott e Estrela (2017, p. 274):

“O ano 1981, em especial se mostrou determinante no Brasil, no que diz respeito à questão ambiental. O governo federal, por intermédio da Sema, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (Lei Federal n.6.938, de 31 de agosto de 1981), pela qual o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) foram criados, instituindo também instrumentos como Padrões de Qualidade Ambiental, Zoneamento Ambiental, Avaliação de Impactos Ambientais, Licenciamento Ambiental e o Sistema Nacional de Informações Ambientais. No mesmo ano o governo promulgou a Lei Federal n.6.902, de 27 de abril, dispondo sobre a criação de Áreas de Proteção Ambiental e Estações Ecológicas”.

Avançando para o ano de 1988, a constituição brasileira ganhou um capítulo específico dedicado ao meio ambiente. O art. 225 prevê:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

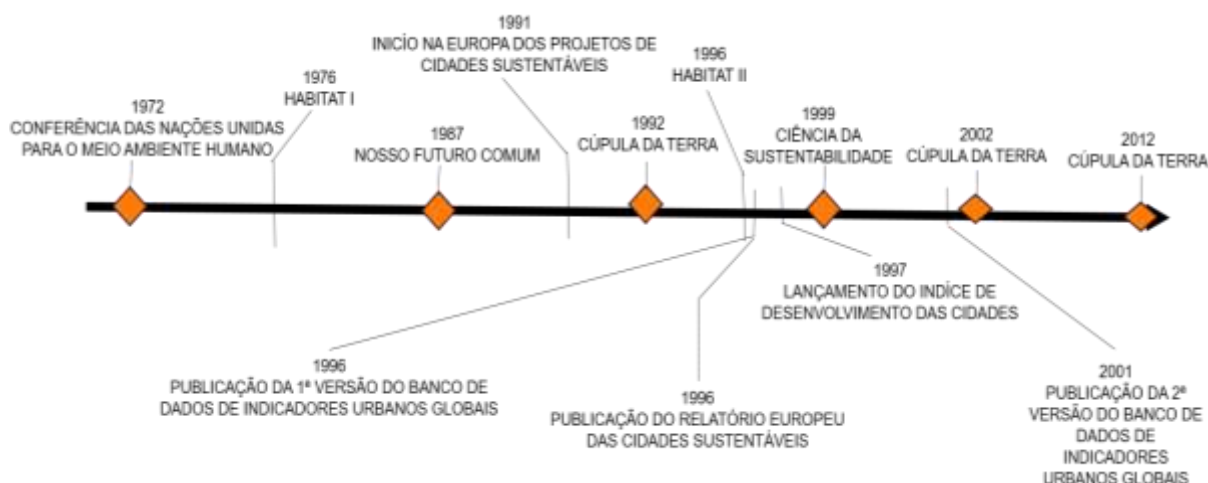
Além de dialogar com outros capítulos como saúde art. 196, que trata da saúde, educação, e o meio urbano, art. 182, inciso II, estabelece que a política urbana tem como finalidade ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade, garantindo o bem-estar de seus habitantes (PHILIPPI JR et al, 2014).

Além do parágrafo 1º inciso VI, que versa sobre a necessidade de se estabelecer a educação ambiental. Esta deve ser entendida como um tema transversal, não específico, para a formação de cidadãos capazes de compreender as inter-relações e interdependências entre os conteúdos e a finalidade última das políticas acima destacadas, bem-estar social, saúde coletiva e qualidade de vida, e equilíbrio ambiental (PHILIPPI JR et al, 2014).

A Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, constituído, entre outros, pela Agência Nacional de Águas (ANA); além de estruturas públicas específicas em grande parte dos estados brasileiros (PHILIPPI JR et al, 2014).

Ao mesmo tempo, os movimentos internacionais continuaram debatendo as questões ambientais e a necessidade de um desenvolvimento em bases sustentáveis. Esses eventos reconhecidos por serem marcos históricos na construção dos conceitos ambientais ao longo do tempo, podem ser observados na Figura 1.

**Figura 1.** Eventos históricos e avanços científicos na pesquisa em sustentabilidade.



**Fonte:** Huang, Wu e Yan (2015).

Entre os eventos em destaque, pode-se observar que estes aconteceram a partir da década de 1980, quando a questão ambiental se estendia para além das discussões dos governantes e se tornava uma preocupação de toda a sociedade, que vinha se deparando com tragédias como Bhopal em 1984 e Chernobyl em 1986 (HOGAN, 2007).

Em 1983, dando continuidade aos movimentos que discutiam o desenvolvimento e sua relação com o meio ambiente, foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (WCED, 1987).

No bojo desse processo, em 1987 é publicado o Relatório Nosso Futuro Comum, que consagra o conceito desenvolvimento sustentável, fundamentado na noção de solidariedade, com as gerações atuais e futuras, quando o define como “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 46).

O Programa da ONU para o Meio Ambiente destaca uma série de marcos ambientais no decorrer da história. Desde 1972, o PNUMA é a principal voz global na liderança e defesa de questões ambientais, eventos relacionados aos últimos vinte anos são ilustrados no quadro 2.

**Quadro 2.** Marcos ambientais do PNUMA.

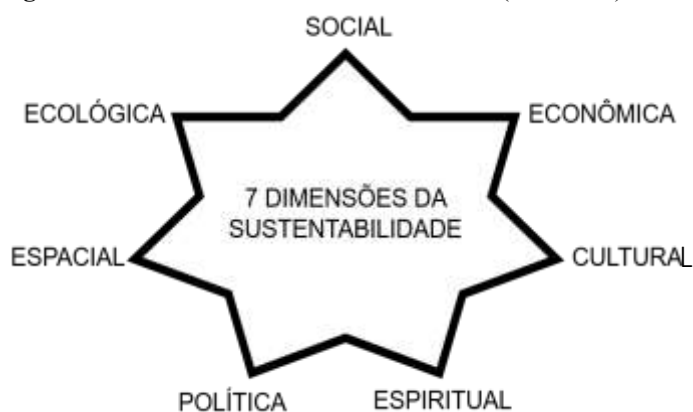
<b>ANO</b>	<b>MARCO AMBIENTAL</b>
2001	Estados-Membros das Nações Unidas adotam a Convenção de Estocolmo.
2002	A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável acontece em Joanesburgo.
2005	O PNUMA lança o Campeões da Terra, principal prêmio ambiental global das Nações Unidas.
2007	O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas é agraciado com o Prêmio Nobel da Paz.
2008	Lançamento do o programa UN-REDD. 14 iniciativas nacionais de combate ao desmatamento, degradação florestal e mudanças climáticas.
2009	COP 15 - Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas - Copenhague
2010	Adoção da Declaração de Nusa Dua - A declaração ressalta a importância da biodiversidade, a necessidade urgente de combater as mudanças climáticas e as vantagens de avançar para uma “economia verde”.
2012	A Assembleia Geral das Nações Unidas estabelece a adesão universal ao Conselho Administrativo do PNUMA.
2012	Os Estados Membros do PNUMA lançam a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos – IPBES.
2014	Primeira Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente se reúne.
2015	COP 21 - Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – Paris
2016	PNUMA lança o Selvagem pela Vida, uma campanha para proteger espécies selvagens ameaçadas de extinção.
2016	PNUMA parceiros lançam a campanha BreatheLife para difundir informações sobre os impactos da poluição do ar e soluções.
2017	A Convenção de Minamata.
2017	O PNUMA lança a campanha Mares Limpos para engajar governos, público em geral e o setor privado na luta contra o lixo marinho.
2017	O PNUMA lança o prêmio Jovens Campeões da Terra para celebrar e apoiar indivíduos com idade entre 18 e 30 anos com um potencial excepcional para criar um impacto ambiental positivo.
2019	Cúpula de Ação Climática.
2019	Assembleia Geral das Nações Unidas declara 2021-2030 como a Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas.

Fonte: ONU, 2021.

O efeito mais significativo desse despertar é a elaboração da própria essência do conceito de sustentabilidade, que é garantir a vida e o desenvolvimento das gerações presentes sem inviabilizar a vida e o desenvolvimento das gerações. Sachs (2006), define essa essência como solidariedade sincrônica com a geração atual e diacrônica com a geração futura

Sachs (2000) buscando facilitar sua operacionalização o dimensiona em sete dimensões, Figura 2. Esse dimensionamento é apenas pedagógico e não tira da realidade a sua complexidade e a necessidade de manter a sustentabilidade de cada uma dessas dimensões e ao mesmo tempo em seu conjunto.

**Figura 2.** As 7 dimensões da Sustentabilidade (lato sensu).



**Fonte:** Sachs (2000).

Fernandes; Vieira (2014, p. 557 a p. 559) discorrem sobre essas dimensões, sintetizando da seguinte forma:

“Dimensão ecológica, refere-se à conservação da natureza (dos ecossistemas), levando em conta seus elementos biológicos e físico-químicos. A sustentabilidade ecológica significa parcimônia no uso dos recursos, considerando sua capacidade de resiliência, devendo, portanto, serem priorizados os recursos renováveis. Dimensão ambiental, incorpora as dimensões territorial e ecológica, e está intimamente ligada com a compreensão dos limites e capacidades dos ecossistemas. Dimensão territorial, deve considerar a ocupação planejada do espaço, respeitando os limites impostos pelo sistema ecológico na construção da territorialidade. Precisa levar em conta o equilíbrio na ocupação do espaço, principalmente considerando a distribuição entre meio urbano e rural. Dimensão social, diz respeito ao equilíbrio social em termos econômicos e políticos, com justa distribuição de renda, pleno emprego, acesso a serviços básicos como moradia, transporte, saúde, educação e alimentação; garantia de participação democrática nos processos políticos e de tomada de decisão, com livre

expressão, direito a informação e possibilidade de organização em busca destes direitos. Dimensão cultural, consiste em garantir o respeito às tradições culturais, eliminando preconceitos e, principalmente, valorizando as culturas ditas “não modernas”, como as comunidades rurais e tradicionais. Dimensão econômica, significa garantir a viabilidade econômica do desenvolvimento, no sentido de construir um modelo produtivo viável, provedor das necessidades sociais e condição necessária para erradicação da pobreza, sem a exaustão dos recursos naturais que o sustentam. Dimensão política, se dá em dois âmbitos: nacional, a democracia como expressão prática dos direitos humanos. O estado como expressão coletiva da sociedade envolvendo seus vários setores e interesses, manutenção das instituições democráticas e segurança jurídica, a partir da construção de regras estáveis e duradouras, considerando as três esferas, federal, estadual e municipal; internacional, a busca incessante pela paz e cooperação entre os povos, a redução das assimetrias entre norte e sul, compartilhamento de responsabilidades, controle do sistema financeiro internacional, estabelecimento e aplicação efetiva de princípios de precaução na gestão ambiental dos recursos naturais”.

A partir da caracterização dessas dimensões, institucionaliza-se, então, o conceito de desenvolvimento sustentável, encerrando um ciclo de discussão conceitual e se inaugura um ciclo de operacionalização do conceito (SALLES, 2017).

Foi no ano de 1992 que as questões ambientais voltaram a escrever um novo capítulo no que se diz respeito aos marcos históricos da evolução desse conceito. Aconteceu na cidade do Rio de Janeiro, a segunda grande conferência de magnitude mundial depois de Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como “Rio-92” ou “Cúpula da Terra” (HOGAN, 2007).

Como resultado desse encontro houve a publicação de documentos como a Agenda 21 global. Assinada por 178 países, a Agenda 21 é um documento de 40 capítulos, que propõe um novo padrão de desenvolvimento a conciliar métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (MEDICI, 2015). Para consubstanciar a Agenda 21, resultaram como produtos acordos adicionais, como a Declaração do Rio, a Declaração de Princípios sobre o Uso das Florestas, o Convênio sobre a Diversidade Biológica e a Convenção sobre Mudanças Climáticas (HOGAN, 2007).

A Agenda 21 propôs uma nova parceria mundial, na qual a ideia principal era fazer com que cada país se comprometesse a repensar formas de cooperar no estudo de soluções para os problemas socioambientais (HOGAN, 2007).

O acompanhamento das ações presentes na Agenda 21 foi realizado a cada cinco anos pelas Nações Unidas e grupos interessados. No ano de 1997 ocorreu em New York o encontro, conhecido como Rio+5, que fez um balanço dos poucos avanços ocorridos na implementação da Agenda 21 e planejou os próximos passos para o cumprimento de objetivos ambientais (MEDICI, 2015).

Durante este processo, ocorreu a assinatura do Protocolo de Kioto, que se traduziu em compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados como a principal causa humana para o aquecimento global. No ano de 2000 a ONU realizou a Cúpula do Milênio, na qual foram definidos os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Esses objetivos foram apresentados como uma versão melhorada daqueles definidos na criação da Agenda 21 (MEDICI, 2015).

Dez anos depois da RIO-92, no ano de 2002, realizou-se a Conferência Mundial sobre Meio Ambiente de Johannesburg na África do Sul, também conhecida como Rio+10. Essa Conferência, teve como objetivo avaliar a implementação da Agenda 21 e precisar o alcance de metas associados a agenda. Na ocasião recursos foram identificados para implementar a agenda em áreas como água e saneamento, energia, saúde, agricultura, biodiversidade e manejo dos sistemas ambientais (MEDICI, 2015).

Estes temas formaram a base para a discussão da RIO+20, a Conferência das Nações Unidas sobre a Sustentabilidade do Desenvolvimento realizada novamente no Rio de Janeiro no ano de 2012 (MEDICI, 2015).

A Conferência Rio+20 mobilizou a comunidade global em 2012 para participar de um debate sobre a realidade ambiental global. Um dos temas estruturantes desta reunião é a transição para uma economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza (MEDICI, 2015).

A economia verde, ficou conhecida como um novo modelo de economia que de acordo com o PNUMA tem como característica preconizar a oferta de empregos, incentivar o consumo consciente, reciclagem, reutilização de bens, uso de energia limpa e valorização da biodiversidade (O-ECO, 2015). Como resultado, a economia verde espera uma melhoria qualidade de vida para todos, diminuição das desigualdades entre ricos e pobres, conservação da biodiversidade e preservação dos serviços ambientais (JACOBI; SINISGALLI, 2012).

Dentre os principais compromissos que surgiram no âmbito da RIO+20, ficou evidente o dever de considerar que o desenvolvimento econômico e social inclusivo e equitativo, são os grandes objetivos e os requisitos essenciais para o desenvolvimento. Sendo assim, no final da Rio+20 surgiu a proposta de se substituir, a partir de 2015, os ODMs, agenda de

desenvolvimento, até então composta por oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: 1- Erradicar a extrema pobreza e a fome; 2- Atingir o ensino básico universal; 3- Promover a igualdade de gênero e a autonomia das mulheres; 4- Reduzir a mortalidade infantil; 5- Melhorar a saúde materna; 6- Combater o HIV/Aids, a malária e outras doenças; 7- Garantir a sustentabilidade ambiental; e 8- Estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento, pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) (MEDICI, 2015).

Os ODSs consolidaram um conjunto de metas, estratégias e indicadores resumidas em um conjunto de propostas formado por 17 objetivos conforme Figura 3.

**Figura 3.** Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.



**Fonte:** UN (2017).

Em janeiro de 2015, a Assembleia Geral iniciou o processo de negociação da agenda de desenvolvimento pós-2015. O processo culminou na subsequente adoção da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável com os 17 ODS em seu núcleo (ONU, 2015).

Todo esse caminho histórico demonstra que o conceito de sustentabilidade não é algo estático e sim consequência de todos esses eventos que construíram e reformularam ao longo da história um significado muito mais amplo que o próprio termo em si.

Segundo Lélé (1991) o conceito de sustentabilidade revela-se desde o início complexo e difícil de se entender, sendo alvo de críticas e contestações no meio acadêmico. Kates, Parris e Leiserowitz, 2005 discordam e apontam que é justamente a heterogeneidade do conceito sustentabilidade que o permite ser adaptado e utilizado em diferentes contextos. Os autores afirmam que a complexidade que envolve o conceito é desmitificada diante das diferentes

possibilidades de visão que o conceito ‘sustentabilidade’ oferece e respectivamente as escalas às quais pode ser adequado (local ou global) o que o torna mais simples de compreender.

Os avanços ocorridos podem ser observados a partir do momento que o conceito toma forma na prática, por meio do comprometimento da sociedade com a sustentabilidade. Incorporado nos diferentes níveis de organização da sociedade, a sustentabilidade já é assumida como um compromisso (KATES; PARRIS; LEISEROWITZ, 2005).

As oportunidades de trabalho, a exemplo desse comprometimento, vêm se direcionando para as questões de sustentabilidade. Vagas de emprego, por exemplo, na conservação e manejo sustentável de florestas e rios, no tratamento dos resíduos sólidos, na eficiência energética, na produção agrícola orgânica e de baixo carbono e ainda em mecanismo de Produção mais limpa já são tendências. Dados da Organização Internacional do Trabalho – OIT, demonstram que as atividades em prol da sustentabilidade são responsáveis por cerca de 2,5% dos empregos em países como Brasil e Estados Unidos (FERNANDES; VIEIRA, 2014, p. 559-560).

Compreende-se, portanto, que, a sustentabilidade continua sendo construída ao longo de todo um processo histórico. A urgência em encontrar soluções para a crise ambiental tem feito com que a palavra sustentabilidade esteja cada vez mais presente, tornando-se o critério básico para estimular permanentemente as responsabilidades éticas e morais da sociedade (JACOBI, 2015).

Essas mudanças ocorridas, em termos éticos e morais, trazidas pelo termo sustentabilidade, constituem um movimento de ruptura em relação à ideia de desenvolvimento apenas baseado no crescimento econômico. Furtado (1974), Meadows et al. (1972) e Van Bellen (2005) diferenciam os conceitos de desenvolvimento e crescimento a partir da ideia de que, os impactos causados no meio ambiente, devido ao uso intenso dos recursos naturais, são reflexos de um crescimento sem controle, diferente do comparado ao desenvolvimento, reconhecido pelos autores por ser associado à ideia de solidariedade.

Sachs (2007) aponta o termo solidariedade em meio ao processo de desenvolvimento como a motivação para sair do que o autor chama de ‘mau desenvolvimento’ e passar a pensar o desenvolvimento voltado para todos os aspectos da sociedade. Assim, a sustentabilidade se estabelece como um aspecto que desafia o desenvolvimento a luz da prudência ecológica e a equidade social.

Permeado por desafios, o estímulo ao progresso econômico, social e cultural se contrapõem com os impactos causados ao meio ambiente (SACHS, 1993). Os desafios da sustentabilidade se asseveram no meio urbano, onde devido a intensificação das atividades sociais, em especial as econômicas, onde a complexidade aumenta (PICKETT et al., 2011; WU;

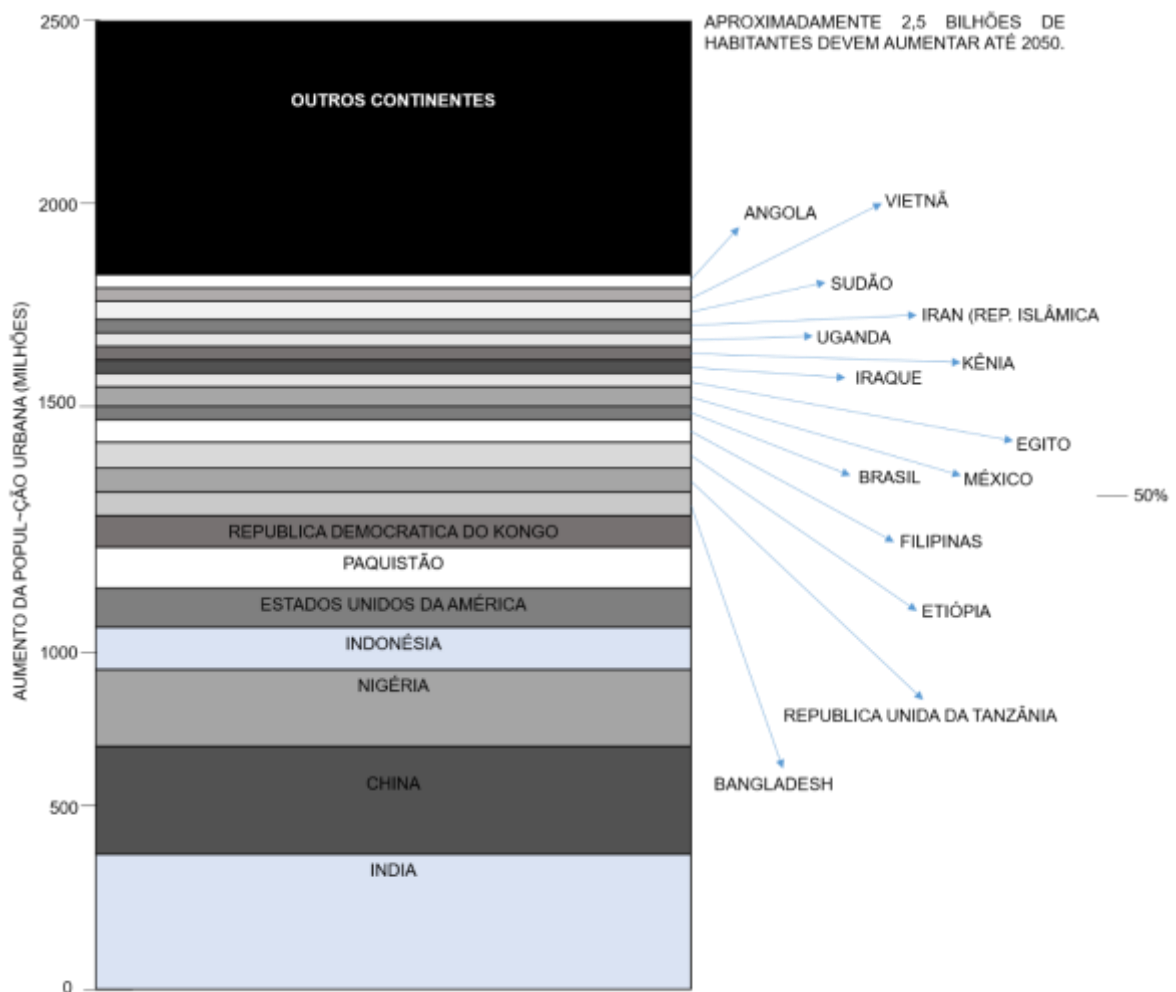


XIANG; ZHAO, 2014). O crescente número de pessoas residentes nas cidades é o novo sinal de despertar para os problemas ambientais (BEZERRA; FERNANDES, 2000).

Neste contexto, é importante a análise a luz dos dados de aumento da urbanização. Segundo a ONU (2011), a população urbana ultrapassou a população rural em 1960. No século XX, dezesseis cidades apresentavam um valor perto de um milhão de habitantes em média. Já no século XXI, são 400 cidades com um milhão de habitantes ou mais (COHEN, 2006). Em 2008 o número de habitantes das cidades já era maior que o de pessoas que residiam na área rural (SAETA, 2012).

Para Figueiredo et al. (2017), o crescimento urbano desordenado já é um problema global. O planeta está se urbanizando rapidamente (Figura 4), pressionando tremendamente as cidades e áreas urbanas para proporcionar boas condições de vida para a maioria da humanidade (UN-HABITAT, 2016).

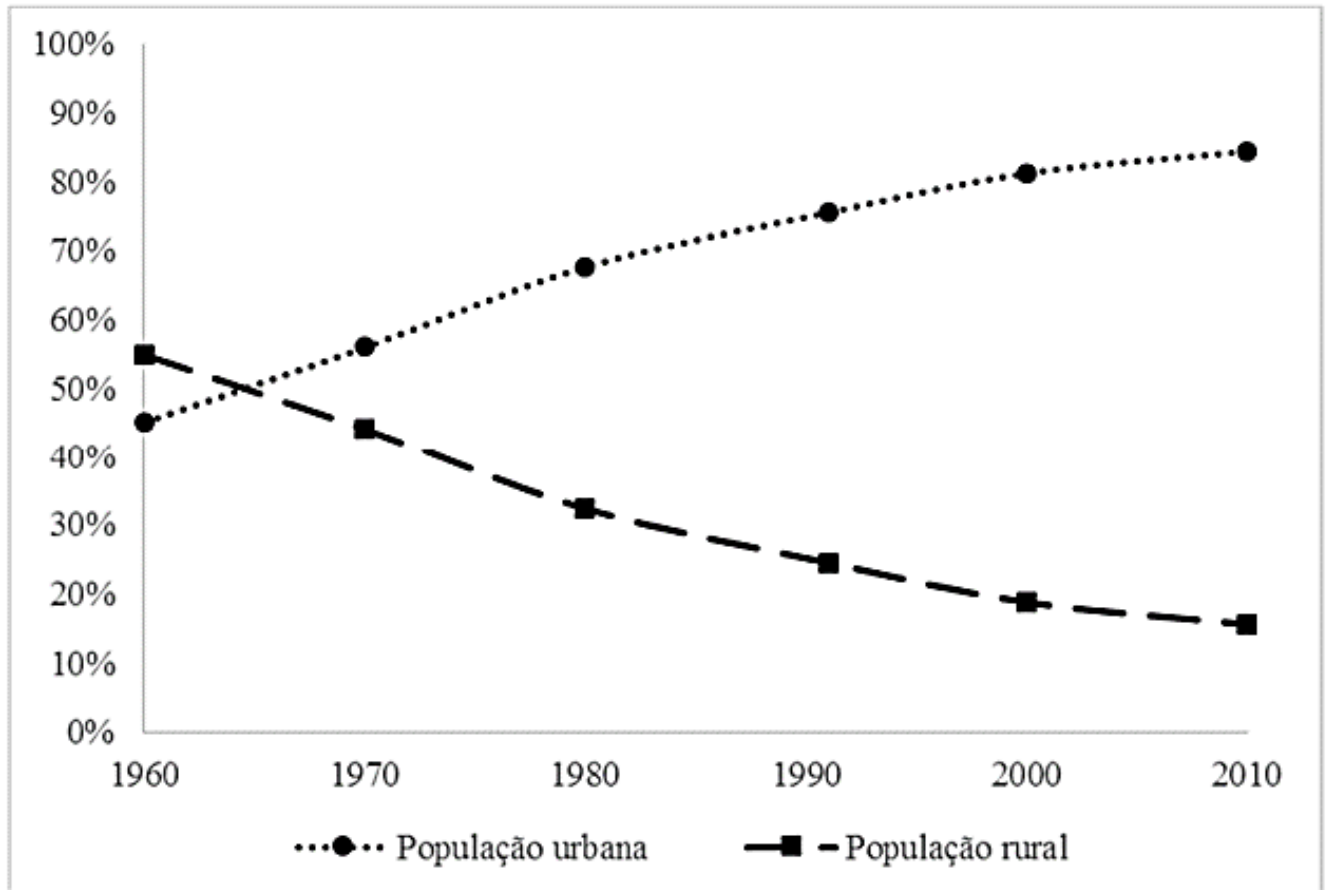
**Figura 4.** Contribuição dos países com o aumento da população urbana entre 2014 e 2050.



Fonte: ONU (2014).

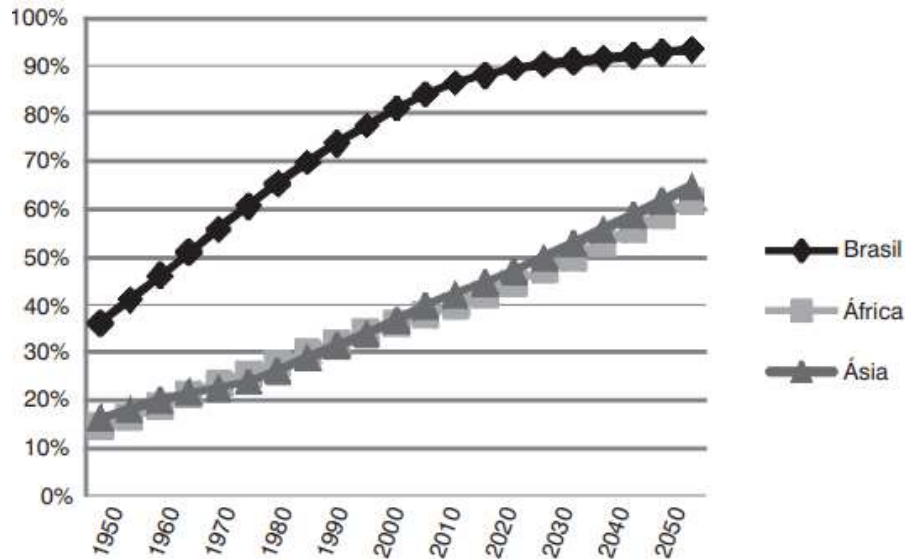
Em 2015, 54% da população mundial vivia em ambientes urbanos (UM-HABITAT, 2016). No Brasil, segundo os dados do IBGE (2010), a nas décadas de 60 e 70, conforme o gráfico da Figura 5, a população urbana se tornou mais numerosa que a população rural.

**Figura 5.** Distribuição percentual da população brasileira.



Fonte: IBGE (2010).

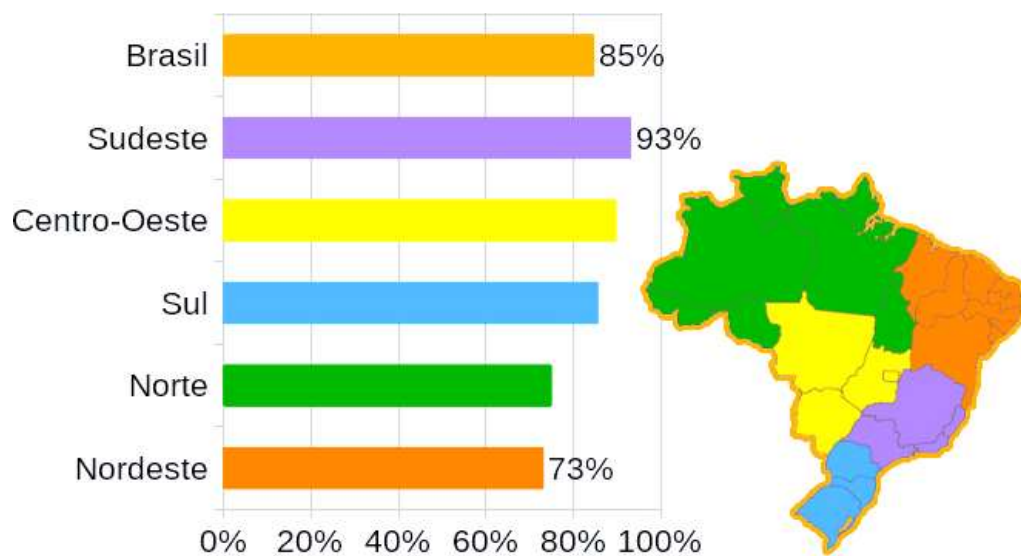
Atualmente, 85% da população brasileira vive em cidades (IBGE, 2015). 50% em cidades consideradas como metrópoles ou grandes cidades (IPEA, 2016). A previsão é que a evolução do nível de urbanização brasileira, em comparação com a África e a Ásia, até 2050 continue crescente, se caracterizando assim, como um dos países com crescimento urbano acelerado conforme observado no gráfico da Figura 6.

**Figura 6.** Evolução do Nível de Urbanização, Brasil, África e Ásia, 1950-2050.

Fonte: United Nations (2010).

Ao mesmo tempo em que são concentrações de oportunidades sociais e econômicas, centros de arte e cultura e espaços ecológicos (MUELLER, 2013), as cidades se tornam responsáveis pela destruição de ecossistemas naturais, e demandam alto consumo de recursos (CZECH; KRAUSMAN; DEVERS, 2000). A migração da zona rural para o ambiente urbano, intensifica os desafios para alcançar a sustentabilidade (KAZEMI, 2011; REBELE, 1994).

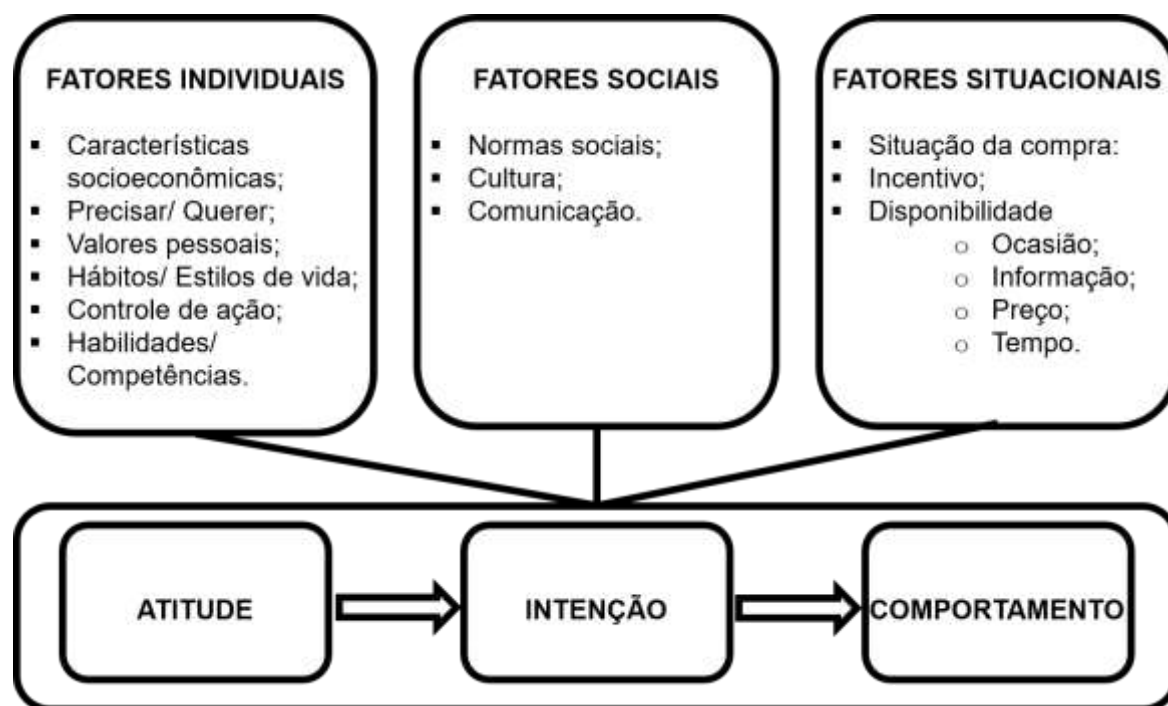
A distribuição da urbanização no Brasil pode ser observada também por região, conforme Figura 7.

**Figura 7.** Porcentagem da população brasileira que vive em área urbana, por região.

Fonte: IBGE, 2015.

Segundo Cavalcanti et al. (2015) a urbanização foi o ápice para a formação de um mercado nacional e a expansão do consumo em formas diversas. O modelo de consumo praticado é um desses obstáculos, e está diretamente ligado aos fatores individuais, sociais e situacionais proporcionados pelo meio em que a população está inserida Figura 8 (TERLAU; HIRSCH, 2015).

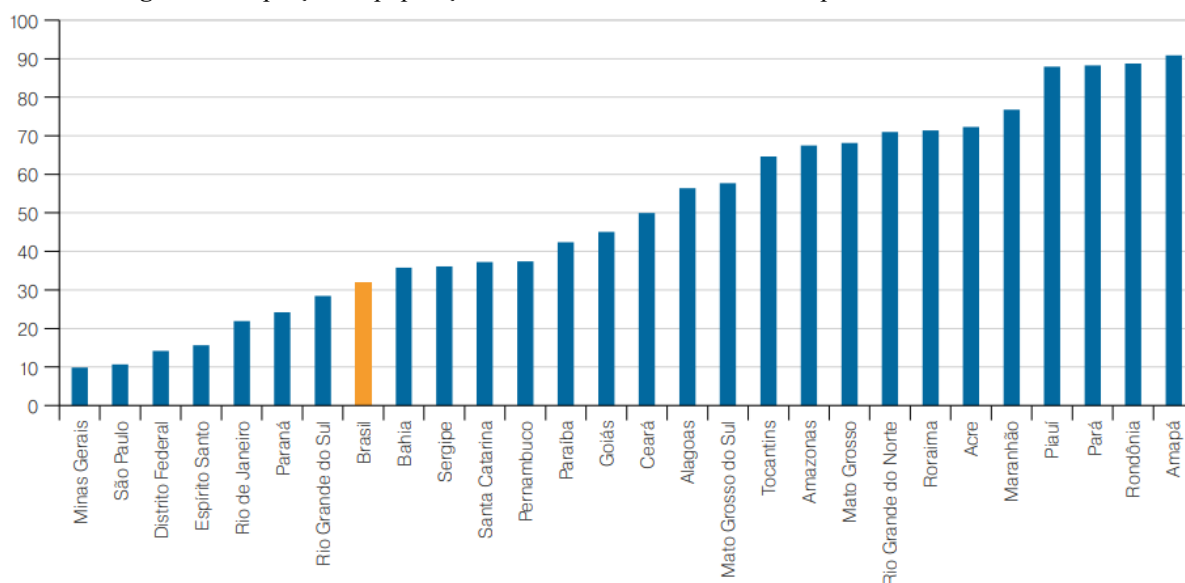
**Figura 8.** Modelo de consumo.



**Fonte:** Terlau e Hirsch (2015) (baseado em Balderjahn (2013); Carrington; Neville; Whitwell (2010); Vermeier e Verbeke, (2006)).

Há certo consenso na literatura científica, que a sociedade contemporânea vivencia uma crise ambiental, originada, pela pressão do crescimento populacional sobre o espaço e pelo modo de produção e consumo atuais. O uso intenso dos recursos naturais, implica na necessidade de delinear um processo de conscientização que integre e aprimore as responsabilidades éticas ambientais e sociais (SCHUSSEL, 2004). Tendo em vista a percepção dos impactos das atividades urbanas no meio ambiente, a busca pelo conhecimento e alternativas para esse impasse foram abrindo caminho para novos debates (BROOKS et al., 2006).

A problemática urbana brasileira se complexifica ainda mais pelos problemas sociais. Grande parte da população urbana brasileira, segundo o IBGE (2017), vive em domicílios precários, quando consideradas as dimensões de água, esgotamento sanitário, densidade de moradores por dormitório e coleta de lixo, Figura 9.

**Figura 9.** Proporção da população urbana vivendo em domicílios precários – Brasil e UFs.

Fonte: IBGE (2017).

Com base no gráfico da Figura 8, pode-se inferir que os altos índices de população urbana vivendo em domicílios considerados inadequados são gatilho para o desencadeamento de outros problemas urbanos desafiadores, como transporte, segurança e educação (IBGE, 2017).

Dados que devem ser levados em conta nas concentrações urbanas no Brasil são: 15,6% dos domicílios urbanos brasileiros ainda não tem seu lixo coletado diariamente, 14,5% não tem rede geral como principal forma de abastecimento de água e 31,7% ainda não conta com esgotamento sanitário (rede geral ou fossa séptica ligada à rede) (IBGE, 2019). Esse cenário demonstra que estamos longe do preconizado pelo conceito de sustentabilidade, sobretudo em relação aos seus pressupostos de solidariedade.

Baseado em Meadows (1998) e demais literatura relacionada ao conceito de desenvolvimento sustentável no meio ambiente urbano, os fatores como sistemas naturais, sociais e de infraestrutura são os mais relevantes neste contexto (KAULING et al, 2018; SILVA, 2017).

A inserção do termo sustentabilidade nas discussões que envolvem desenvolvimento e cidades, foi enraizada pelas conexões políticas, que buscavam evidências para reconhecer o espaço urbano, como ator principal, nos princípios da Agenda 21, resultante da Conferência da ONU sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente no ano de 1992, onde a justificativa principal era a crescente concentração populacional nas metrópoles (ACSELRAD, 1999).

No Brasil a preocupação com esses problemas encontrados nos centros urbanos passou a destacar-se na agenda dos municípios a partir da regulamentação dos dispositivos

constitucionais da política urbana (artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988) através da Lei n. 10.257 de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade.

O Estatuto da Cidade, apresenta, por sua vez, diretrizes que estabelecem normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (BRASIL, 2001).

Ainda no que diz respeito a garantia de que a urbanização não impeça o alcance da sustentabilidade, Phillippi Jr (2017) chama a atenção para três artigos da Constituição da República Federativa do Brasil (1988):

(Art. 182), Saúde (Art. 196) e Meio Ambiente (Art. 225). O art.182 (Política Urbana) visa a “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”. O art.196 (Saúde) estabelece que “o acesso universal e igualitário às ações e serviços para promover, proteger e recuperar a saúde é direito de todos é dever do Estado” O art. 225 (Meio Ambiente) define o “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, que é essencial à sadia qualidade de vida, impondo ao poder público e à coletividade o dever de o defender e preservar para as presentes e futuras gerações”.

Em 2015, o Brasil instituiu o Estatuto das Metrôpoles onde prevê fundamentos e diretrizes para a gestão urbana compartilhada. O Estatuto das Metrôpoles, é uma lei que faz algumas alterações ao Estatuto das Cidades (BRASIL, 2015). Segundo o IPEA (2014) O Estatuto das Metrôpoles, além de estabelecer diretrizes gerais para o planejamento urbano, configura a gestão e execução de funções públicas de interesse comum, entre elas o transporte, saneamento básico e uso da terra.

Outras iniciativas de organizar o espaço urbano e estabelecer normas para o bom funcionamento desses, foram observados desde a criação do Ministério das Cidades em 2003. Extinto em 2019, o antigo ministério que tinha como missão; “Combater as desigualdades sociais, transformando as cidades em espaços mais humanizados, ampliando o acesso da população à moradia, ao saneamento e ao transporte” foi substituído pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2019).

Uma das pastas do Ministério do Desenvolvimento Regional é a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU). A PNDU tem como objetivo reduzir as desigualdades socioespaciais nas diferentes escalas, urbano municipais e na rede de cidades, contribuindo para que se equilibrem os benefícios e ônus do processo de urbanização (MDR, 2020).

A construção do conceito de sustentabilidade urbana foi baseada inicialmente em três pilares: representação tecno-material da cidade, segundo Déléage (1995, p. 35). “a cidade como uma matriz composta por um vetor de consumo de espaço, energia e matérias-primas e um vetor de produção de rejeitos”; a cidade como espaço de qualidade de vida (pureza, cidadania e patrimônio); e a cidade como espaço de legitimação das políticas urbanas (eficiência e equidade) (ACSELRAD, 1999).

O primeiro pilar representa uma visão conservacionista com o argumento de racionar fontes energéticas não renováveis, otimizar a disponibilidade de recursos e reduzir a produção de rejeitos. Como espaço de qualidade de vida, segundo pilar, entende-se a necessidade de que a cidade favoreça o desenvolvimento do diálogo e da negociação no sentido de preservar o patrimônio social e natural, reforçando as identidades, os valores e as heranças construídas. Terceiro, o modelo de cidade como espaço da legitimação das políticas urbanas, procura estabelecer um projeto urbano pautado na equidade e eficiência (ZANGALLI JR, 2013).

Acselrad (2005) retratou a sustentabilidade urbana com duas abordagens distintas. A primeira uma das tentativas de reconhecimento do conceito cidade sustentável, pautada em princípios que se preocupam com características de arquitetura e urbanismo, e a segunda abordagem que parte da problematização das condições sociopolíticas em que emergem o discurso sobre sustentabilidade aplicado a resolução dos problemas ambientais das cidades.

Um dos desafios da sustentabilidade ambiental urbana é o entendimento que esta nomeação faz parte de um processo a ser percorrido ao longo do tempo, e não algo definitivo a ser alcançado. É por esses motivos que a busca por uma conceituação, urbana sustentável, gera uma série de proposições. Ou seja, existe a necessidade de padronizar as estratégias que buscam avaliar este conceito, em níveis tanto locais quanto globais (BARBOSA, 2018).

Para Silva e Romero (2011), essas condições se dão a partir da ideia de que a diversidade de uso e função dos recursos naturais no ambiente urbano, devem respeitar os limites geográficos e ambientais de cada local ou região. Os autores ainda apontam algumas especificidades para considerar sistemas urbanos sustentáveis, a organização social deve proporcionar a todos os cidadãos acesso ao seu lugar, de forma igualitária e imparcial. Quadro 3.

**Quadro 3.** Características dos Sistemas Urbanos Sustentáveis.

SISTEMAS URBANOS SUSTENTÁVEIS	TEMA	SUBTEMA	ALGUNS PARÂMETROS
	CONEXÕES URBANAS	MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE SISTEMA VIÁRIO SEGREGAÇÃO ESPACIAL	Distribuição espacial das atividades urbanas e usos; Transporte particular x Transporte público; Pedestre/Automóvel/Bicicleta/Ônibus; Lazer público; Sistemas de transporte e circulação; Zoneamento; Ocupação irregular do solo; Dispersão de equipamentos; Densidade populacional e consumo de terra; etc.
	IDENTIDADE E PERCEÇÃO AMBIENTAL	SOCIAL, ECONÔMICO E CULTURAL PERCEPTIVA/VISUAL	Diversidade e Variedade; Identidade regional; Patrimônio Cultural e Identidade Local; Coesão e senso de pertencimento; Cidadania e Participação; Inovações tecnológicas; Tensões urbanas; Cidade simbiótica / Senso de Lugar; Dinâmica Cultural; Dinamismo econômico; Índices de renda e educação; etc.
	MORFOLOGIA	MORFOLOGIA / EDIFICAÇÕES	Tamanho, homogeneidade e diversidade/uniformidade morfológica; Espaço público: reduzido - substituído por espaços privados; Rua e Praça: espaços de contato e de convivência; Quanto à forma (compacidade/ porosidade/ esbeltez); Superfície do solo impermeabilizada; Taxa de ocupação e Coeficiente de aproveitamento; Densidade da massa urbana; Texturas, formas e Cores; Forma dos lotes, recuos e gabaritos; Traçado Urbano; etc.
	MEIO AMBIENTE	VEGETAÇÃO E MICROCLIMA RECURSOS HÍDRICOS POLUIÇÃO E ENERGIA	Capacidade ambiental do Bioma/Região; Urbanismo Verde / Eco-urbanismo; Biodiversidade; Qualidade das áreas verdes; Qualidade dos recursos hídricos; Interrelação entre relevo, tipo de solo e zonas inundáveis; Contaminação e poluição do meio ambiente; Consumo energético; Emissão de poluentes e gases do efeito estufa; Produção e reciclagem de resíduos; Saneamento ambiental; Políticas ambientais e des. Estratégico; etc.

Fonte: Silva e Romero (2011).

No que se refere a biodiversidade, os espaços verdes no contexto urbano, exercem influência na qualidade do ambiente, e são considerados fundamentais para a sustentabilidade urbana e manutenção da biodiversidade local (INÁCIO, 2014).

Russo e Cirella (2020) reafirmam a ideia de que a sustentabilidade urbana depende dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade urbana, estes estão diretamente ligados a qualidade de vida urbana. Neste sentido, muitas alternativas têm sido apontadas na literatura, como tentativa de frear os efeitos negativos da urbanização sobre a biodiversidade urbana. Algumas dessas alternativas são descritas por meio das metas dos ODSs. Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2017) o lançamento dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em 2015 contribuiu para a discussão sobre desenvolvimento das cidades ao incluir como objetivo do ODS11 “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”.

Almejando orientar os governantes que visam estabelecer uma agenda sustentável nas cidades, o CEBDS elaborou a chamada agenda de Sustentabilidade Urbana considerando todos os aspectos da sociedade, como clima, saúde, serviços ambientais, e a integração da cidade com o ambiente natural. A agenda apresenta os ODS como norteadores das diretrizes para o desenvolvimento urbano sustentável (CEBDS, 2017).



Sustentabilidade Urbana como uma nova agenda para as cidades, é um reforço de diferentes discussões que propõe usar a força motriz da urbanização como indutora do desenvolvimento, mudança e melhoria nas vidas das pessoas que vivem em cidades. Conhecida como Agenda 2030, e construída em torno dos ODSs o documento fornece um conjunto de dados relacionados à pobreza, desigualdade, mudança climática, degradação ambiental, paz e justiça. Esses objetivos são interconectados e interdependentes: o avanço de um contribui para o avanço dos outros – e a biodiversidade é fundamental para todos estes e é tida como um dos grandes desafios da atualidade (HABITAT III, 2016).

### 3.2 Biodiversidade Urbana

Na década de 80 a variedade existente de formas de vida já havia chamado a atenção no meio científico. A multiplicidade de seres vivos observada fez surgir a expressão **diversidade biológica** que começou se popularizar e ser utilizada em publicações ambientais (LEWIS, 2007; MCCORMICK, 1992; NASH, 2001).

A biodiversidade, ou diversidade biológica, refere-se à variedade de formas de vida presente na Terra (diversidade de espécies), aos genes que as constituem (diversidade genética) e aos ecossistemas dos quais são parte (diversidade de ecossistemas) (PRIMACK, 1993).

Foi durante a organização do fórum sobre diversidade biológica, em 1985, que o botânico Walter G. Rosen utilizou pela primeira vez o termo biodiversidade. O fórum aconteceu em Washington, no ano de 1986 e ficou conhecido como Fórum Nacional sobre Biodiversidade (MEINE; SOULÉ; NOSS, 2006; SARKAR, 2002; WILSON, 1997).

Juntamente com o Fórum Nacional sobre Biodiversidade, a popularização do conceito de biodiversidade aconteceu em um momento em que o interesse pelo conhecimento da diversidade da vida e as preocupações com a sua conservação, tanto entre cientistas, como entre uma parcela considerável da sociedade, tomavam impulso e faziam parte de um contexto que se tornaria histórico (GROOM; MEFFE; CARROLL, 2006; MEINE; SOULÉ; NOSS, 2006; LEWIS, 2007; SARKAR, 2002).

Um dos reflexos desse movimento foi a criação da Society for Conservation Biology (SCB), fundada em 1985 na cidade de Michigan. A SCB é uma organização sem fins lucrativos dedicada a facilitar, promover e avançar o estudo científico e a conservação da diversidade biológica (GROOM; MEFFE; CARROLL, 2006; LEWIS, 2007; MEINE; SOULÉ; NOSS, 2006; SARKAR, 2002).

Em 1987 a SCB publicou o primeiro número da revista *Conservation Biology*, que logo se tornou o principal veículo de divulgação científica e debate sobre as questões relacionadas com a biodiversidade. (GROOM; MEFFE; CARROLL, 2006; LEWIS, 2007; MEINE; SOULÉ; NOSS, 2006; SARKAR, 2002).

No ano de 1988 o termo biodiversidade foi destaque em uma publicação do biólogo Edward O. Wilson que organizou um documento com os resultados do Fórum Nacional de Biodiversidade. O documento denominado Biodiversidade foi composto por artigos que discutiam sobre temas presentes no fórum, como: preservação da biodiversidade, monitoramento da biodiversidade, valor da biodiversidade, riscos da perda de diversidade, entre outros (DASMANN, 1968; SOULÉ; WILCOX, 1980).

Para Ricklefs (2010, p. 368), o conceito de biodiversidade refere-se, de maneira geral, “à variação entre os organismos e os sistemas ecológicos em todos os níveis, incluindo a variação genética na estrutura do bioma e nos processos ecossistêmicos tanto nos sistemas terrestres como nos aquáticos”.

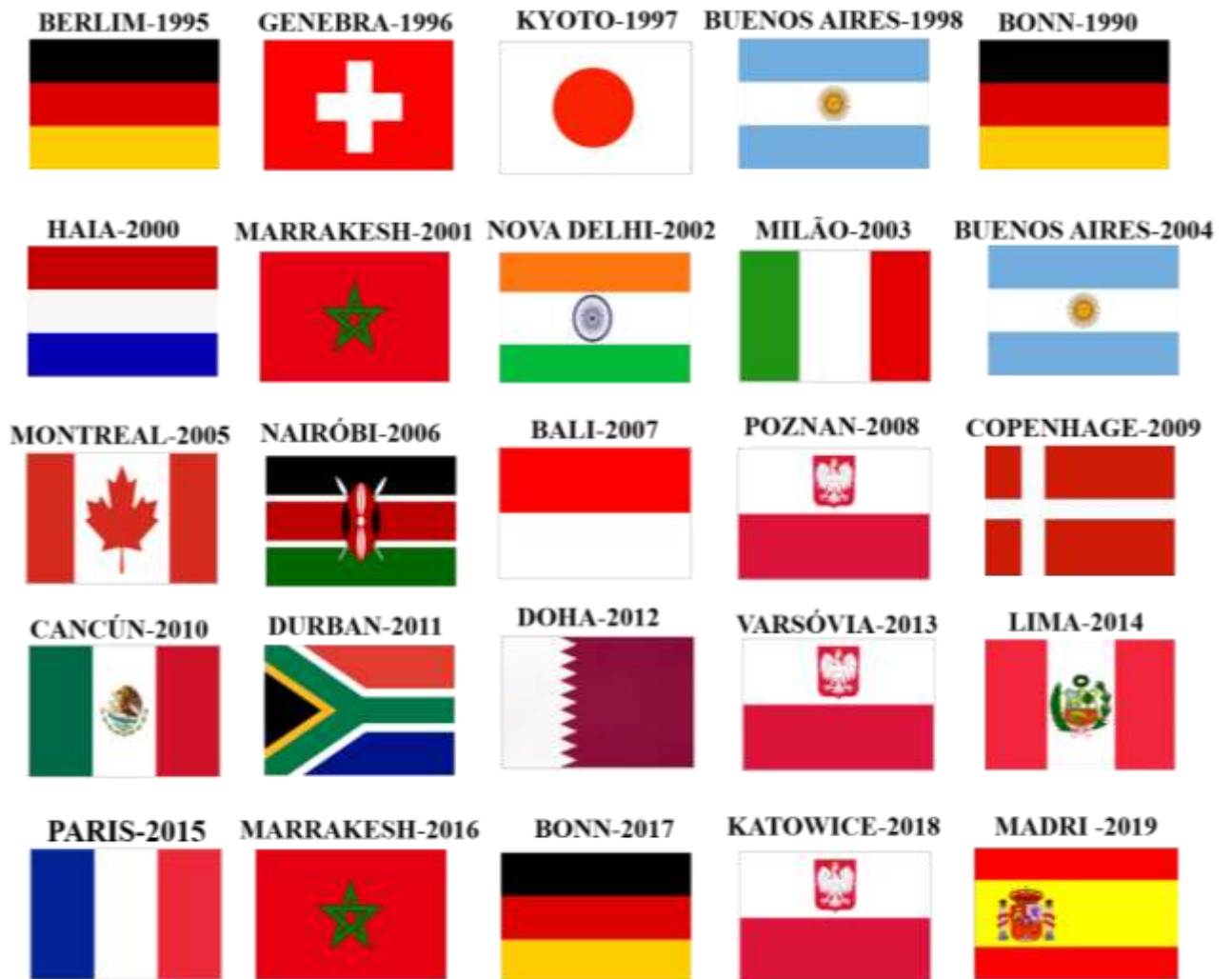
Neste contexto, a definição de biodiversidade mais aceita pela comunidade científica foi a adotada pela Convenção da ONU sobre Diversidade Biológica (CDB) em 1992. Segundo a CDB, biodiversidade é definida pela:

“Variabilidade de organismos vivos de todas as origens, incluindo, entre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

A Convenção da Diversidade Biológica foi o primeiro instrumento legal para assegurar a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais. Mais de 160 países assinaram o acordo, que entrou em vigor em dezembro de 1993 (WWF, 2020).

Os países signatários da Convenção se reúnem a cada dois anos nas chamadas Conferências das Partes – COP. A COP constitui o órgão legítimo para a elaboração das leis especiais, que no caso da CDB são as denominadas “Decisões”. A partir da Figura 10 é possível observar a linha do tempo das realizações das COPs e os respectivos países sedes dos encontros (PRATES, 2015).

**Figura 10.** Linha do tempo das realizações das COP



Fonte: Prates (2015) e MMA (2020).

Entre os principais resultados dessas conferências, alguns marcos institucionais foram decisivos no que se refere a proteção da biodiversidade. Com a realização anual das conferências muitas decisões foram aprovadas, decisões que atendem três principais objetivos, são eles: conservação da biodiversidade, uso sustentável dos componentes da biodiversidade e repartição justa e equitativa dos benefícios advindos do uso dos recursos genéticos (PRATES, 2015; VIEIRA, 2018). Essas decisões são sumarizadas no Quadro 4.

**Quadro 4.** Ações das Conferências das Partes.**(Continua)**

<b>COP</b>	<b>Local</b>	<b>Data/Ano</b>	<b>Descrição</b>
COP-1	Berlim, Alemanha	1995	Estabilização de Gases de Efeito Estufa (GEEs), e limites para emissões do dióxido de carbono; definição de um calendário a ser cumprido através do Mandato de Berlim; Criação do grupo ad hoc com a finalidade de acompanhar os acordos negociados pelos países desenvolvidos.
COP-2	Genebra, Suíça	1996	Criação e obrigações legais para a redução de emissões de CO <sub>2</sub> a ser celebrado na (COP-3) em Quioto, Japão, prioritariamente às nações relacionadas no Anexo I da Convenção, cabendo às demais Partes apoiar o respectivo desenvolvimento.
COP-3	Quioto, Japão	1997	Redução de emissões entre os anos 2008 e 2012 em 5%, na média, com relação aos níveis de 1990, para os gases: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso e aos níveis de 1995 para os gases: hexafluoreto de enxofre – SF <sub>6</sub> e famílias de hidrofluorocarbonos – HFCs e perfluorocarbonos-PFCs; Estabelecer três mecanismo de flexibilização: JI – Joint Implementation, Emissions Trade e CDM – Clean Development Mechanism.
COP-4	Buenos Aires, Argentina	1998	Plano de Ação de Buenos Aires, que teve como principal proposito colocar em prática as regras e questões técnicas e políticas, bem como os impasses respectivos à implantação do Protocolo de Quioto e seus mecanismos de flexibilização.
COP-5	Bonn, Alemanha	1999	Estabeleceu um cronograma mais agressivo a fim de conduzir o Protocolo de Quioto a entrar em vigor, e ajuste para a COP-6 do Plano de Buenos Aires.
COP-6	Haia, Holanda	2000	A falta de acordo levou a suspensão das negociações durante a COP6, e resultou na realização da COP-6,5. Objetivo: concluir temas no Plano de Ação de Buenos Aires.
COP-7	Marrakesh , Marrocos	2001	Finalizar as negociações dos itens pendentes do Plano de Ação de Buenos Aires; Estabelecer as regras operacionais para à ratificação do protocolo; decisões aos mecanismos de flexibilização e o início imediato dos projetos de MDL.
COP-8	Nova Delhi, Índia	2002	Executar o acordo de Marraqueche, a Declaração de Delhi tratou das disposições e procedimentos para MDL. Durante a conferência, insistiu continuar as negociações da RIO+10 sobre energias renováveis, clima biodiversidade e desertificação.
COP-9	Milão, Itália	2003	Fazer um inventário de tecnologias existentes, além de discutir sobre mecanismos de mercado e alianças entre o setor público e privado
COP-10	Buenos Aires, Argentina	2004	Ocorreu a ratificação Russa do Protocolo de Quioto, que entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005; Questões discutidas: projetos de pequena escala, adaptação dos recursos para países em desenvolvimento e próximo período de compromissos.

**Fonte:** Vieira (2018); MMA (2020); UNFCCC (2020).

**Quadro 4.** Ações das Conferências das Partes.**(Continua)**

<b>COP</b>	<b>Local</b>	<b>Data/Ano</b>	<b>Descrição</b>
COP-11	Montreal, Canadá	2005	A COP-11/MOP-1 firmou as decisões das COPs anteriores. Abordagens estratégicas para a ação cooperativa de longo prazo, a fim de enfrentar a mudança climática através das seguintes ações: Promoção dos objetivos de desenvolvimento de forma sustentável; Ações dirigindo-se para a adaptação; Realização do potencial da tecnologia e das oportunidades de mercado.
COP-12	Nairobi, Quênia	2006	Orientações para o funcionamento do Fundo Especial para as alterações climáticas, revisão do mecanismo financeiro, orientações adicionais para o Global Environment Facility; Capacity-building na convenção, Desenvolvimento e transferência de tecnologia, continuação de atividades implementadas conjuntamente na fase piloto, e apresentação do segundo Workshop do Diálogo de Ações Cooperativas a Longo Prazo.
COP-13	Bali, Indonésia	2007	Plano de ação que define metas para combater as mudanças climáticas até 2009 onde os resultados foram apresentados na COP-15.
COP-14	Poznan, Polônia	2008	Avanço do Grupo de Trabalho Ad Hoc e compromissos para as Partes do Anexo I; Orientação do artigo 6º do Protocolo; Capacitação para os países em desenvolvimento; Avanço do Plano de Ação de Bali; Desenvolvimento e transferência de tecnologias; Quarta revisão dos mecanismo financeiro.
COP-15	Copenhague, Dinamarca	2009	Acordo de Copenhague assinado; países integrantes do Anexo I implementado individualmente ou em conjunto as metas de emissões em toda a economia para 2020, e comprometimento com o fornecimento de US\$ 30 bilhões para o período 2010-2012 e US\$ 100 bilhões anuais até 2020 para financiar o desenvolvimento sustentável e combater o aquecimento global
COP-16	Cancun, México	2010	Criação do Fundo Verde para o Clima e apoio aos projetos, programas e outras políticas e atividades em países em desenvolvimento, bem como os resultados do Grupo de Trabalho Ad Hoc sobre a Ação Cooperativa a Longo Prazo.
COP-17	Durban, África do Sul	2011	Lançamento do Fundo Verde para o Clima; Consolidação de outro documento que irá vigorar após o término do prazo dos compromissos assumidos no Protocolo de Quioto a ser implementado a partir de 2020
COP-18	Doha, Catar	2012	Não houve novos acordos, apenas análise da evolução dos acordos feitos nas COPs anteriores como: o avanço da Plataforma de Durban e o resultado acordado nos termos do Plano de Ação de Bali.

**Fonte:** Vieira (2018); MMA (2020); UNFCCC (2020).

**Quadro 4.** Ações das Conferências das Partes.**(Conclusão)**

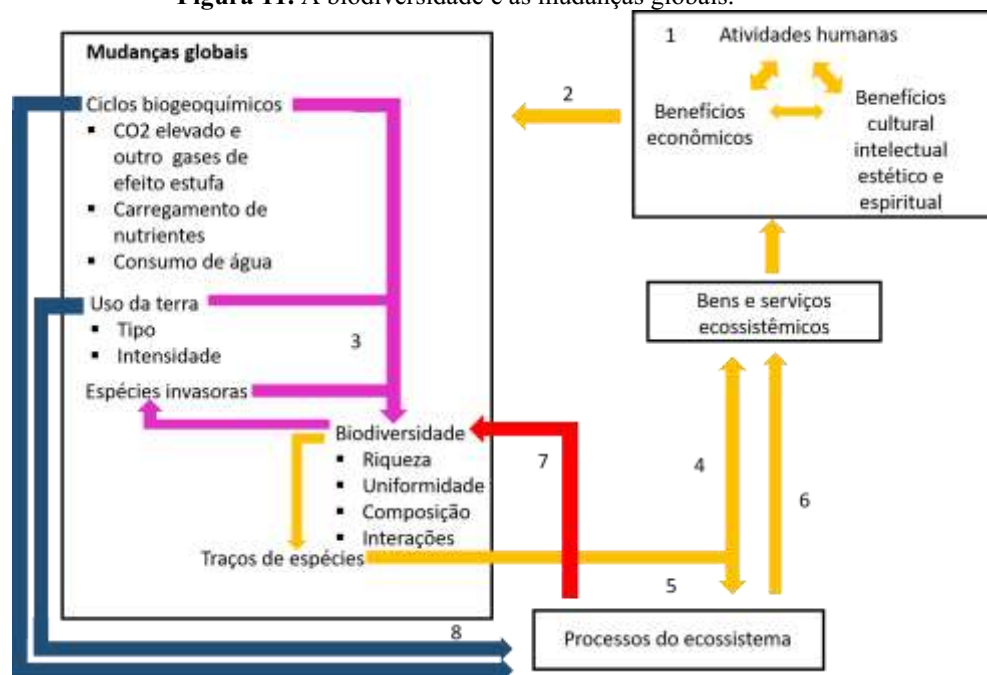
<b>COP</b>	<b>Local</b>	<b>Data/Ano</b>	<b>Descrição</b>
COP-19	Varsóvia, Polônia	2013	Novo acordo de reduções de emissões de GEEs; Medidas que prevê perdas e danos associados ao clima, e o financiamento dos países em desenvolvimento que já sofrem com as mudanças climáticas por países desenvolvidos.
COP-20	Lima, Peru	2014	Espera-se dos países o combinado de contribuições a serem estabelecidas no novo acordo de minimizar os efeitos das mudanças climáticas.
COP-21	Paris, França	2015	O diferencial nessa conferência foi conter o aumento da temperatura média do planeta neste século bem abaixo dos 2 °C, com relação aos níveis pré-Revolução Industrial, além de fazer o possível para reduzir para 1,5 °C.
COP-22	Marrakesh, Marrocos	2016	A COP-21 finalizou as negociações ao adotar o Acordo de Paris, a COP 22/CMA1, e constitui a primeira sessão da Conferência das Partes no Acordo de Paris (CMA1), cujo propósito é a definição do livro de regras para implementar as obrigações assumidas, e estratégias para obter US\$ 100 bilhões anuais em 2020
COP-23	Bonn, Alemanha	2017	Nessa Conferência foi perceptível a dificuldade de implementar os acordos, estabelecidos no livro de regras. E tentam fazer o possível para reduzir o aquecimento global para 2 °C.
COP-24	Katowice, Polônia	2018	O cerne das negociações durante a COP-24 girou em torno das regras que vão guiar o Acordo de Paris, marcadamente o novo mercado de carbono e questões relativas a financiamento, adaptação e a forma pelas quais os países devem reportar o andamento de suas ações.
COP-25	Madrid, Espanha	2019	A última Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP25) foi realizada em Madrid, sob a presidência do Chile, de 2 a 13 de dezembro e teve como foco os cenários climáticos e energéticos que contribuem para limitar o aumento da temperatura global abaixo de 1,5 °C. Isso equivale a chegar a um mundo com zero emissões líquidas de CO <sub>2</sub> em cerca de meio século

**Fonte:** Vieira (2018); MMA (2020); UNFCCC (2020).

Para Chapin, (2000) a preocupação em torno da biodiversidade mundial se dá por conta das alterações causadas pela humanidade no ambiente. Entre as alterações as citadas pelo autor estão, as ligadas diretamente com os ciclos biogeoquímicos, compreende a elevação do CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa, as alterações referentes ao uso da terra (finalidade e intensidade), alterações na riqueza da biodiversidade, traços de espécies (genética) e serviços ecossistêmicos (CHAPIN, 2000).

Essas mudanças na biodiversidade alteraram os processos ecossistêmicos e como consequência são diretamente responsáveis pelas mudanças climáticas globais (Figura 11).

**Figura 11.** A biodiversidade e as mudanças globais.



**Fonte:** Chapin (2000).

Além do papel nas mudanças climáticas a biodiversidade quando relacionada à sua apropriação e uso pelo ser humano é determinante para a provisão dos serviços ecossistêmicos. Toda a biota e suas interações com o meio abiótico são responsáveis pelos serviços ecossistêmicos, a exemplo pode-se citar as plantas, animais e as bactérias.

É entendido como serviço ecossistêmico, todos os benefícios proporcionados pela natureza para as pessoas. Formas de utilizar a biodiversidade para extrair seus benefícios, criando e transformando em novos produtos, são exemplos de serviços ecossistêmicos, (ROMA, 2014). Estabelecer essa relação entre serviços ecossistêmicos e bem-estar humano, aponta a intensidade e a importância da biodiversidade, conforme Figura 12 (UNEP, 2012).

**Figura 12.** Relação entre biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano.



Fonte: UNEP (2012).

Segurança alimentar, qualidade e quantidade de água, clima estável, diversidade cultural, são todos serviços ofertados pela biodiversidade. Diante da importância que a biodiversidade tem para os processos ambientais é possível identificar a partir da publicação da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005) que muitos desses serviços estão sendo degradados ou não têm sido utilizados de forma sustentável.

Percebe-se que, apesar das metas globais da Convenção da Diversidade Biológica (CBD) e dos esforços dos países signatários desses acordos, o estado do clima e da biodiversidade no planeta continua em deterioração (SCARANO et al. 2018).

Relatórios, como da Plataforma Intergovernamental Político-Científica sobre Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (IPBES, 2019), revelam declínio de espécies e mostram o impacto humano sobre a biodiversidade. Segundo o relatório, de cerca de oito milhões de espécies de animais e plantas na Terra, aproximadamente um milhão dessas espécies estão ameaçadas de extinção, podendo em pouco tempo desaparecer do planeta (IPBES, 2019).

De acordo com esse relatório, a perda de biodiversidade está diretamente relacionada com a produção de alimentos, qualidade do ar e água. Essas alterações já correspondem a três quartos do meio ambiente terrestre e 66% do ambiente marinho que foram alterados pelas ações humanas. Entre as ações humanas estão a mudança no uso da terra e do mar, exploração direta de organismos, mudanças climáticas, poluição e presença de espécies exóticas invasoras. As



espécies nativas tiveram queda de 20% desde o ano de 1900. Um total de 40% representa as espécies de anfíbios, 33% dos corais e mais de um terço de todos os mamíferos marinhos (IPBES, 2019).

O relatório também aponta a relação da perda de biodiversidade com o aumento das emissões de gases de efeito estufa, fazendo com que a temperatura global aumentasse em 0,7 graus Celsius, se igualando aos impactos da mudança do uso da terra e do mar e os demais fatores (IPBES, 2019).

Corroborando com essa ideia da importância e os efeitos da perda da biodiversidade, o relatório do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) apresenta dados sobre extinção de espécies nos diferentes biomas brasileiros. A Mata Atlântica foi o bioma com mais espécies ameaçadas, tanto em números absolutos (1.989) quanto proporcionalmente (25%), esses números são atribuídos a relação populacional presente na Mata Atlântica, ocupada por mais de 50% da população brasileira. É o bioma mais ameaçado do Brasil. Em seguida vem o Cerrado, com 1.061 espécies ameaçadas, 19,7% do total de espécies do bioma, e a Caatinga (366 espécies ou 18,2%). O Pampa tem 194 espécies ameaçadas, o que equivale a 14,5% (IBGE, 2020).

Já o Pantanal e a Amazônia têm as maiores proporções de espécies na categoria menos preocupante (88,7% e 84,3%, respectivamente) e o menor percentual de espécies consideradas ameaçadas (3,8% e 4,7%, respectivamente). Em números absolutos, são 54 espécies ameaçadas no Pantanal e 278 na Amazônia (IBGE, 2020).

Tentativas possíveis para mudar esse cenário de extinção de espécies no mundo, vêm sendo apresentadas. Neste sentido, a restauração extensiva do ecossistema é cada vez mais vista como fundamental para a conservação da biodiversidade (STRASSBURG et al., 2020).

Metas, como as propostas pelos ODS, são exemplos para a proteção da biodiversidade. Em destaque o ODS 14 e o ODS 15, que tratam da vida na água e vida terrestre respectivamente representam estratégias relevantes (UN, 2017). O ODS 14, vida na água, tem como objetivo promover a conservação e uso de forma sustentável dos oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. O ODS 15, vida terrestre, objetiva-se proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade (UN, 2017).

A extensão das áreas marinhas protegidas dobrou desde 2010, entretanto, ainda não é possível assegurar que essas áreas de biodiversidades estão seguras (ONU, 2019). O IPEA

(2019) apresenta como está a situação das metas e dos indicadores globais do ODS 14, conforme Quadro 5.

**Quadro 5.** Situação das metas e dos indicadores globais do ODS 14.

(Continua)

<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Situação do indicador (global)</b>	<b>Situação do indicador (Brasil)</b>
14.1 Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes.	14.1.1 Índice de eutrofização das águas costeiras e índice de densidade de detritos plásticos flutuantes	indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.	indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.
14.2 Até 2020, gerir de forma sustentável e proteger os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos, inclusive por meio do reforço da sua capacidade de resiliência, e tomar medidas para a sua restauração, a fim de assegurar oceanos saudáveis e produtivos.	14.2.1 Percentual de zonas econômicas exclusivas nacionais geridas por meio de abordagens baseadas em ecossistemas	indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.	indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.
14.3 Minimizar e enfrentar os impactos da acidificação dos oceanos, inclusive por meio do reforço da cooperação científica em todos os níveis.	14.3.1 Acidez marinha média (pH) medida no conjunto de estações representativas da amostragem	indicador com metodologia estabelecida, mas com cobertura de dados insuficiente;	Sem dados
14.4 Até 2020, efetivamente regular a pesca, acabar com a sobrepesca, com a pesca ilegal, não reportada e não regulamentada (INN) e com as práticas de pesca destrutivas, e implementar planos de gestão com base científica, de forma a recuperar os estoques pesqueiros no menor tempo possível, pelo menos a níveis que possam produzir rendimento máximo sustentável, como determinado por suas características biológicas.	14.4.1 Percentual de estoques pesqueiros dentro dos níveis biologicamente sustentáveis	indicador com metodologia estabelecida e dados já amplamente disponíveis;	Sem dados
14.5 Até 2020, conservar pelo menos 10% das zonas costeiras e marinhas, de acordo com a legislação nacional e internacional, e com base na melhor informação científica disponível.	14.5.1 Cobertura de áreas protegidas em relação à área marinha	indicador com metodologia estabelecida e dados já amplamente disponíveis;	Produzido

Fonte: IPEA (2019).

**Quadro 5.** Situação das metas e dos indicadores globais do ODS 14.**(Continua)**

<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Situação do indicador (global)</b>	<b>Situação do indicador (Brasil)</b>
14.6 Até 2020, proibir certas formas de subsídios à pesca, que contribuem para a sobrecapacidade e a sobrepesca, e eliminar os subsídios que contribuam para a pesca INN, e abster-se de introduzir novos subsídios como estes, reconhecendo que o tratamento especial e diferenciado adequado e eficaz para os países em desenvolvimento e os países menos desenvolvidos deve ser parte integrante da negociação sobre subsídios à pesca da OMC.	14.6.1 Progressos realizados pelos países no grau de implementação dos instrumentos internacionais destinados a combater a pesca ilegal, não declarada e não regulamentada	indicador com metodologia estabelecida, mas com cobertura de dados insuficiente;	Em análise/construção
14.7 Até 2030, aumentar os benefícios econômicos para os Pequeno Estados Insulares em Desenvolvimento (Small Island Developing States –SIDS) e os países menos desenvolvidos (Least Developed Countries – LDC), a partir do uso sustentável dos recursos marinhos, inclusive por meio de uma gestão sustentável da pesca, aquicultura e turismo.	14.7.1 Pesca sustentável como percentual do PIB nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento, nos países menos desenvolvidos e em todos os países	indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.	indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.
14.a Aumentar o conhecimento científico, desenvolver capacidades de pesquisa e transferir tecnologia marinha, tendo em conta os critérios e orientações sobre a Transferência de Tecnologia Marinha da Comissão Oceanográfica Intergovernamental, a fim de melhorar a saúde dos oceanos e aumentar a contribuição da biodiversidade marinha para o desenvolvimento dos países em desenvolvimento, em particular os países menos desenvolvidos e SIDS	14.a.1 Percentual do total do orçamento alocado para pesquisa na área de tecnologia marinha	indicador com metodologia estabelecida, mas com cobertura de dados insuficiente	Sem dados

Fonte: IPEA (2019).

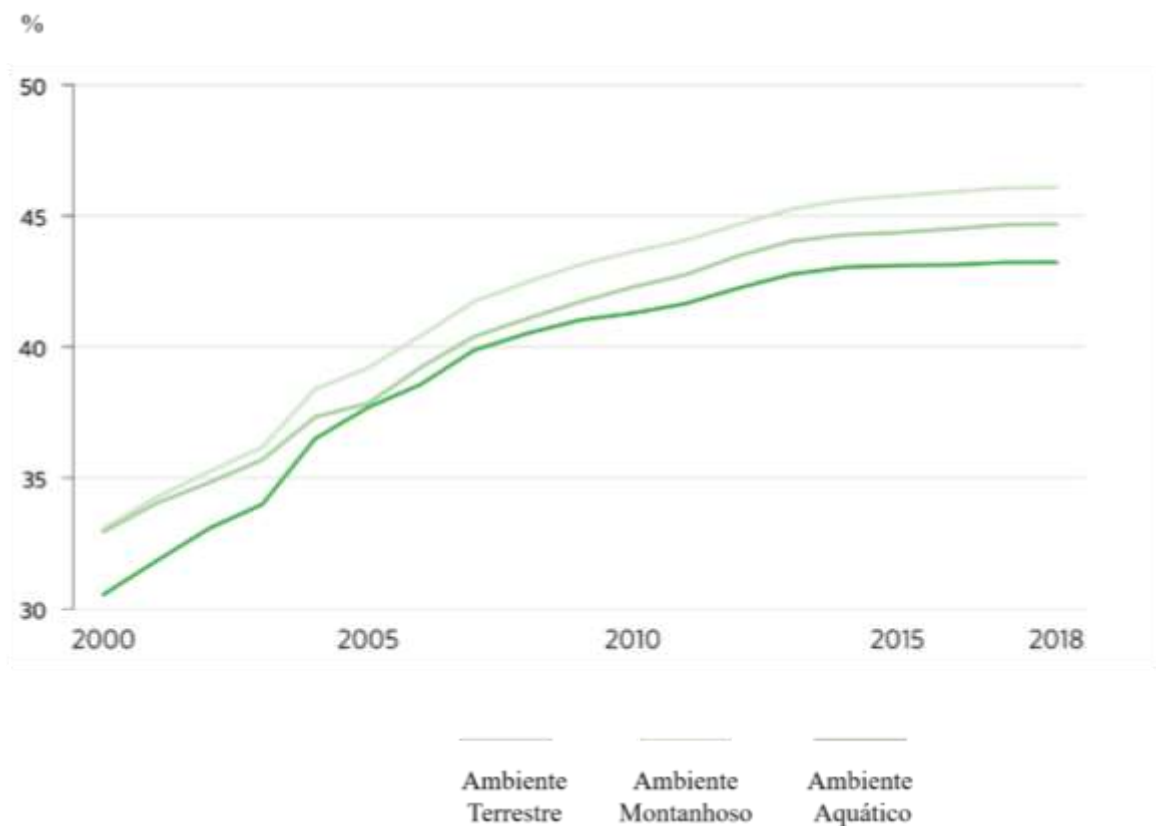
**Quadro 5.** Situação das metas e dos indicadores globais do ODS 14.**(Conclusão)**

<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Situação do indicador (global)</b>	<b>Situação do indicador (Brasil)</b>
<p>14.b Proporcionar o acesso dos pescadores artesanais de pequena escala aos recursos marinhos e mercados.</p>	<p>14.b.1 Progresso por parte dos países no grau de aplicação de um quadro legal/regulador/de política/ institucional que reconheça e proteja os direitos de acesso à pesca artesanal</p>	<p>indicador com metodologia estabelecida, mas com cobertura de dados insuficiente</p>	<p>Em análise/construção</p>
<p>14.c Assegurar a conservação e o uso sustentável dos oceanos e seus recursos pela implementação do direito internacional, como refletido na UNCLOS,4 que provê o arcabouço legal para a conservação e utilização sustentável dos oceanos e dos seus recursos, conforme registrado no parágrafo 158 do "Futuro que queremos".</p>	<p>14.c.1 Número de países que estão avançando na ratificação, aceitação e implementação, por meio de quadros jurídicos, de políticas e institucionais, de instrumentos relacionados com os oceanos que implementam o direito internacional, tal como refletido na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, para a conservação e uso sustentável dos oceanos e seus recursos</p>	<p>indicador para o qual ainda é necessário desenvolver metodologia.</p>	<p>Em análise/construção</p>

Fonte: IPEA (2019).

Para o ODS 15, o relatório da ONU (2019) apresenta onde o progresso na proteção das principais áreas de biodiversidade ocorreu e onde ainda deve acelerar para cumprir a meta até 2030. Destaque para os dados entre os anos de 2000 e 2010, quando as áreas de interesse para a preservação da biodiversidade aumentaram cerca de 10%, no entanto, de 2010 a 2018 o progresso na preservação da biodiversidade terrestre caiu para apenas 3%. Estes dados apontam que nesse ritmo até 2030 as metas propostas pelo ODS 15 cumprirão apenas 50% do que foi estabelecido, Figura 13.

**Figura 13.** Proporção média de áreas de biodiversidade protegidas, 2000-2018 (%).



**Fonte:** ONU (2019).

Reafirma-se, portanto, que a proteção da biodiversidade e a vegetação natural é muito importante para a manutenção dos ecossistemas. No ambiente urbano, a biodiversidade não deve ser desconectada dos demais elementos naturais, pois contribui para prevenir poluição dos recursos hídricos, reduzir a erosão e evitar inundações (CARBONE et. al, 2020).

No ambiente urbano, os desafios para conter a perda da biodiversidade e consequentemente a provisão dos serviços ecossistêmicos são ainda mais acentuados. Neste sentido autores como Goodness (2018); Grove et al. (2014); Hitchmough (2011); Lara Barrera et al. (2017); Melendez-Ackerman et al. (2016); Russo et al. (2017); Schneider et al. (2020);

Vila-Ruiz et al. (2014) e Zasada et al. (2020) defendem a ideia de biodiversidade no contexto do urbano. Esses autores, entre outros, fazem parte de um grupo, que tem como característica comum, a abordagem da biodiversidade no contexto de sustentabilidade urbana e sua importância para a contemporaneidade.

Partindo da premissa dessa importância da biodiversidade no ambiente urbano, resgata-se o documento intitulado “Panorama da Biodiversidade nas Cidades” da CDB (2012). Esse documento ressalta os benefícios da biodiversidade no contexto urbano. Por exemplo, as cidades com mais árvores apresentam taxas menores de asma entre crianças, sustentando a hipótese da necessidade de preservação nos grandes centros urbanos. O mesmo documento aponta também, a fala de Achim Steiner, diretor executivo do programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) que diz:

“...foco não apenas na extraordinária riqueza da biodiversidade urbana, mas também no seu papel em gerar serviços ecossistêmicos de que as populações urbanas, grandes e pequenas, dependem para obter alimento, água e saúde.”

Entende-se então, que a conservação da biodiversidade dentro das cidades e vilas vai desempenhar um papel importante na manutenção da biodiversidade em escala global (MULLER; WERNER, 2010).

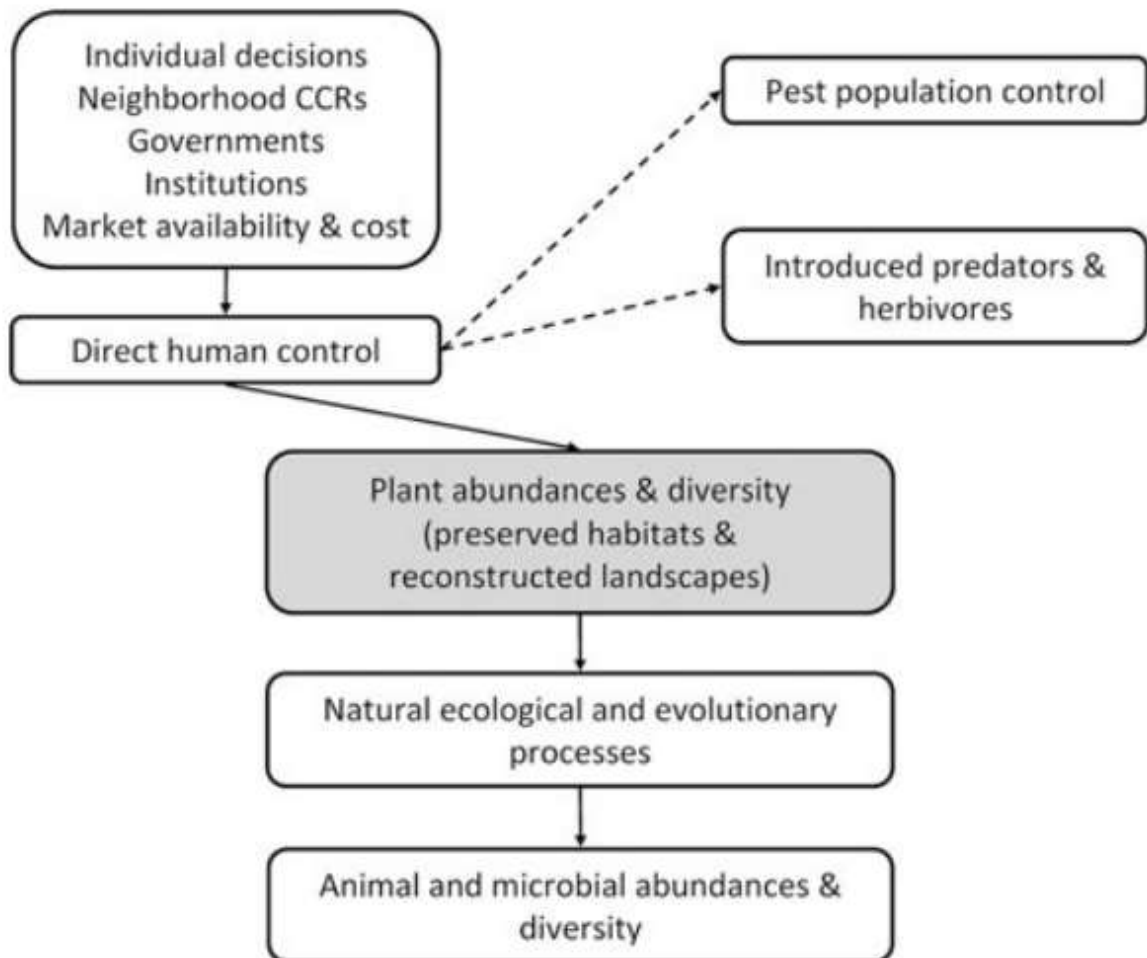
De acordo com a CBD (2012), os problemas desencadeados pelos processos de urbanização sob a biodiversidade, podem ser resumidos em cinco etapas: i) aumento da área e população urbanas; ii) uso de recursos naturais (água, terras agrícolas); iii) expansão urbana em áreas de baixa capacidade econômica e humana, com 3 limitações consequentes para a proteção da biodiversidade; iv) expansão urbana em áreas adjacentes a *hotspots* de biodiversidade, principalmente em regiões costeiras e terras baixas e v) taxas de urbanização em regiões do planeta se capacidade de manter políticas de governança.

Utilizado para denominar a biodiversidade presente em meio a urbanização e formação de grandes cidades, o conceito de biodiversidade urbana é utilizado para designar a variedade ou a riqueza e abundância de organismos (incluindo variação genética) e habitats encontrados dentro e sobre a borda de assentamentos humanos (MULLER, 2013).

O impacto da urbanização sobre a biodiversidade e outros recursos naturais foi considerado pela CDB, que afirma que o crescimento acelerado das cidades representa grande risco para a proteção da biodiversidade (MULLER; WERNER, 2010). Assim, as áreas urbanas têm um papel fundamental na preservação e valorização da biodiversidade (FARINHA-MARQUES et al., 2011), além de contribuírem para a qualidade de vida nas cidades.

Faeth et al. (2011) desenvolveram um modelo conceitual, Figura 14, que demonstra como a abundância e a diversidade de plantas são impactadas e controladas por indivíduos, instituições e economia no meio ambiente urbano e como os outros componentes biológicos são controlados indiretamente pelos humanos. As setas e flechas tracejadas representam um impacto/controlado mais fraco, enquanto as setas e flechas sólidas indicam impacto/controlado mais forte.

**Figura 14.** Modelo conceitual de como a biodiversidade é impactada e controlada no meio ambiente urbano.

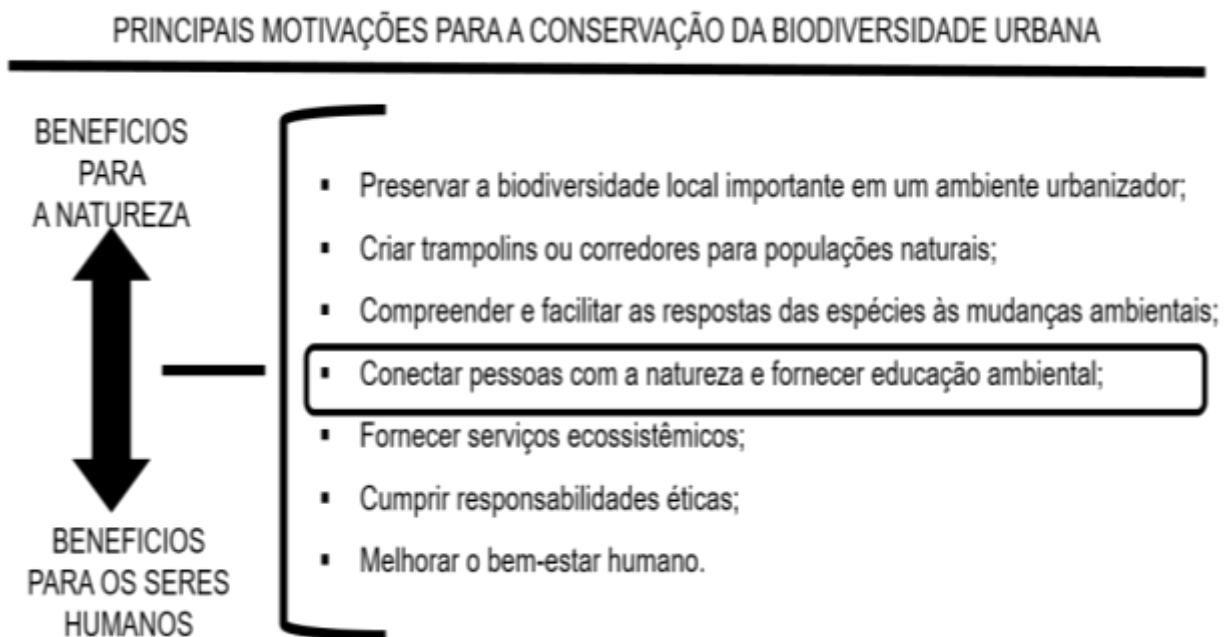


**Fonte:** Faeth et al. (2011).

A biodiversidade urbana é a identidade de uma comunidade, bairro ou cidade que se caracteriza pela presença ou ao não de espaços verdes (COSTA, 2010). Entre as funções da biodiversidade em meio urbano está a ecológica, que diz respeito à capacidade de redução dos materiais tóxicos particulados e sua incorporação nos ciclos biogeoquímicos, à manutenção do microclima, da fauna e das altas taxas de evapotranspiração (BUCCHERI-FILHO; NUCCI, 2006).

Dearborn e Kark (2010) exploraram sete motivações que consideraram altamente relevantes com base na literatura, com o objetivo de incentivar uma conversa mais explícita sobre o porquê e, portanto, como a biodiversidade urbana deve ser conservada, Figura 15. A existência de múltiplas motivações para a proteção da biodiversidade urbana levanta um ponto adicional: diferentes grupos de pessoas têm culturas e valores diferentes e, portanto, diferentes motivações legítimas para conservar a biodiversidade urbana (DEARBORN; KARK, 2010).

**Figura 15.** Benefícios da conservação da biodiversidade urbana.



**Fonte:** Dearborn e Kark (2010).

Costa (2010) corrobora com essa ideia ao defender que as áreas verdes, enquanto locais de lazer e recreação, atribuindo a capacidade de neutralizar por meio do relaxamento, os fatores urbanos estressantes, como ruído, calor e poluição do ar. Sendo assim, todos os ambientes localizados dentro e fora da área urbana contribuem de forma essencial para a concepção da sustentabilidade urbana (CDB, 2012).

Frente a importância da biodiversidade e a consequente necessidade de preservação alternativas para incentivar a contenção de perda da biodiversidade vem aumentando. Um dos grandes avanços na proteção da biodiversidade são as Metas de Aichi. Propostas durante a 10ª Conferência das Partes (COP-10), realizada na cidade de Nagoya, Província de Aichi no Japão, as metas buscam estabelecer ações para proteger a biodiversidade em nível de planeta e estão organizadas de acordo com objetivos estratégicos, Quadro 6 (O-ECO, 2014).



Quadro 6. Resumo das 20 Metas de Aichi.

(Continua)

Objetivo	Metas	Descrição
Objetivo estratégico A. Tratar das causas fundamentais de perda de biodiversidade fazendo com que preocupações com biodiversidade permeiem governo e sociedade	1- Conscientizar as pessoas sobre o valor da biodiversidade	Até 2020, no mais tardar, as pessoas terão conhecimento dos valores da biodiversidade e das medidas que poderão tomar para conservá-la e utilizá-la de forma sustentável.
	2- Integrar os valores da biodiversidade no desenvolvimento	Até 2020, no mais tardar, os valores da biodiversidade serão integrados em estratégias nacionais e locais de desenvolvimento e redução de pobreza e procedimentos de planejamento e estarão sendo incorporados em contas nacionais, conforme o caso, e sistemas de relatoria.
	3- Eliminar incentivos lesivos e implementar incentivos positivos	Até 2020, no mais tardar, incentivos, inclusive subsídios, lesivos à biodiversidade terão sido eliminados ou reformados, ou estarão em vias de eliminação visando minimizar ou evitar impactos negativos, e incentivos positivos para a conservação e uso sustentável de biodiversidade terão sido elaborados e aplicados, consistentes e em conformidade com a Convenção e outras obrigações internacionais relevantes, levando em conta condições socioeconômicas nacionais.
	4- Produção e consumo sustentáveis	Até 2020, no mais tardar, Governos, o setor privado e grupos de interesse em todos os níveis terão tomado medidas ou implementarão planos para produção e consumo sustentáveis e terão conseguido restringir os impactos da utilização de recursos naturais claramente dentro de limites ecológicos seguros.
Objetivo estratégico B. Reduzir as pressões diretas sobre a biodiversidade e promover o uso sustentável	5- Reduzir a perda de habitat nativos	Até 2020, a taxa de perda de todos os habitats naturais, inclusive florestas, terá sido reduzida em pelo menos a metade e na medida do possível levada a perto de zero, e a degradação e fragmentação terão sido reduzidas significativamente.
	6- Pesca sustentável	Até 2020, o manejo e captura de quaisquer estoques de peixes, invertebrados e plantas aquáticas serão sustentáveis, legais e feitas com a aplicação de abordagens ecossistêmicas de modo a evitar a sobre exploração, colocar em prática planos e medidas de recuperação para espécies exauridas, fazer com que a pesca não tenha impactos adversos significativos sobre espécies ameaçadas e ecossistemas vulneráveis, e fazer com que os impactos da pesca sobre estoques, espécies e ecossistemas permaneçam dentro de limites ecológicos seguros.

Fonte: O-ECO (2014).

Quadro 6. Resumo das 20 Metas de Aichi.

(Continua)

Objetivo	Metas	Descrição
	7- Sustentabilidade da agricultura, piscicultura e silvicultura	Até 2020, áreas sob agricultura, aquicultura e exploração florestal serão manejadas de forma sustentável, assegurando a conservação de biodiversidade.
	8- Controle da poluição das águas	Até 2020, a poluição, inclusive resultante de excesso de nutrientes, terá sido reduzida a níveis não-detrimentais ao funcionamento de ecossistemas e da biodiversidade.
	9- Controle de espécies exóticas invasoras	Até 2020, espécies exóticas invasoras e seus vetores terão sido identificadas e priorizadas, espécies prioritárias terão sido controladas ou erradicadas, e medidas de controle de vetores terão sido tomadas para impedir sua introdução e estabelecimento
	10- Redução das pressões sobre os recifes de coral	Até 2015, as múltiplas pressões antropogênicas sobre recifes de coral, e demais ecossistemas impactadas por mudança de clima ou acidificação oceânica, terão sido minimizadas para que sua integridade e funcionamento sejam mantidos.
Objetivo estratégico C: Melhorar a situação da biodiversidade protegendo ecossistemas, espécies e diversidade genética	11- Expandir e implementar sistemas de áreas protegidas	Até 2020, pelo menos 17 por cento de áreas terrestres e de águas continentais e 10 por cento de áreas marinhas e costeiras, especialmente áreas de especial importância para biodiversidade e serviços ecossistêmicos, terão sido conservados por meio de sistemas de áreas protegidas geridas de maneira efetiva e equitativa, ecologicamente representativas e satisfatoriamente interligadas e por outras medidas espaciais de conservação, e integradas em paisagens terrestres e marinhas mais amplas.
	12- Evitar as extinções das espécies	Até 2020, a extinção de espécies ameaçadas conhecidas terá sido evitada e sua situação de conservação, em especial daquelas sofrendo um maior declínio, terá sido melhorada e mantida.
	13- Conservação da agrobiodiversidade	Até 2020, a diversidade genética de plantas cultivadas e de animais criados e domesticados e de variedades silvestres, inclusive de outras espécies de valor socioeconômico e/ou cultural, terá sido mantida e estratégias terão sido elaboradas e implementadas para minimizar a erosão genética e proteger sua diversidade genética.
	14- Restauração de ecossistemas provedores de serviços essenciais	Até 2020, ecossistemas provedores de serviços essenciais, inclusive serviços relativos a água e que contribuem à saúde, meios de vida e bem-estar, terão sido restaurados e preservados, levando em conta as necessidades de mulheres, comunidades indígenas e locais, e os pobres e vulneráveis.

Fonte: O-ECO (2014).

**Quadro 6.** Resumo das 20 Metas de Aichi.**(Conclusão)**

<b>Objetivo</b>	<b>Metas</b>	<b>Descrição</b>
Objetivo estratégico D: Aumentar os benefícios de biodiversidade e serviços ecossistêmicos para todos	15- Recuperação dos ecossistemas degradados para mitigação e adaptação às mudanças climáticas	Até 2020, a resiliência de ecossistemas e a contribuição da biodiversidade para estoques de carbono terão sido aumentadas através de ações de conservação e recuperação, inclusive por meio da recuperação de pelo menos 15 por cento dos ecossistemas degradados, contribuindo assim para a mitigação e adaptação à mudança de clima e para o combate à desertificação.
	16- Implementação do Protocolo de Nagoya	Até 2015, o Protocolo de Nagoya sobre Acesso a Recursos Genéticos e a Repartição Justa e Equitativa dos Benefícios Derivados de sua Utilização terá entrado em vigor e estará operacionalizado, em conformidade com a legislação nacional.
Objetivo estratégico E. Aumentar a implementação por meio de planejamento participativo, gestão de conhecimento e capacitação	17- Elaboração e implementação da Estratégia Nacional de Biodiversidade	Até 2015, cada Parte terá elaborado, adotado como instrumento de política, e começado a implementar uma estratégia nacional de biodiversidade e plano de ação efetiva, participativa e atualizada.
	18- Respeito às populações e conhecimentos tradicionais	Até 2020, os conhecimentos tradicionais, inovações e práticas de comunidades indígenas e locais relevantes à conservação e uso sustentável de biodiversidade, e a utilização consuetudinária dessas de recursos biológicos, terão sido respeitados, de acordo com a legislação nacional e as obrigações internacionais relevantes, e plenamente integrados e refletidos na implementação da Convenção com a participação plena e efetiva de comunidades indígenas e locais em todos os níveis relevantes.
	19- Ciência e tecnologia para a biodiversidade	Até 2020, o conhecimento, a base científica e tecnologias ligadas à biodiversidade, seus valores, funcionamento, situação e tendências, e as consequências de sua perda terão sido melhorados, amplamente compartilhados e transferidos e aplicados.
	20- Mobilização de recursos financeiros	Até 2020, no mais tardar, a mobilização de recursos financeiros para a implementação efetiva do Plano Estratégico para Biodiversidade 2011-2020 oriundos de todas as fontes e em conformidade com o processo consolidado e acordado na Estratégia de Mobilização de Recurso deverá ter aumentado substancialmente em relação a níveis atuais. Esta meta estará sujeita a alterações decorrentes das avaliações da necessidade de recursos a serem elaboradas e relatadas pelas Partes.

**Fonte:** O-ECO (2014).

Um exemplo de incentivo para a proteção da biodiversidade é o ICMS ecológico. Criado no Estado do Paraná e atualmente adotado em todo o território brasileiro, o ICMS ecológico é utilizado como um instrumento de política pública que repassa recursos financeiros aos municípios que abrigam em seus territórios Unidades de Conservação ou mananciais para abastecimento de municípios vizinhos (CARBONE, 2019). De acordo com a ideia de IPES (2016) o ICMS ecológico possibilita entender como os recursos do meio ambiente são geridos.

Ainda em âmbito estadual, o Paraná também conta com o Programa Bioclima Paraná, por meio do Decreto Estadual de número 4381/2012. O programa estimula a conservação e a recuperação da biodiversidade e utiliza de pagamento por serviços ambientais para estimular a proteção da biodiversidade em propriedades particulares (CARBONE, 2019).

Incentivos como esses, geram resultados que se tornam indicadores de como a biodiversidade vem sendo gerenciada e como ela se apresenta no contexto de sustentabilidade. Indicadores, por sua vez, são o retrato da realidade traduzidos por meio de dados e números concretos que dão suporte ao planejamento e a avaliação de políticas públicas (MEADOWS, 1998; QUIROGA, 2001).

### **3.3 Indicador de sustentabilidade**

Após a Rio 92 e por consequência da proposta da Agenda 21, como um de seus resultados, percebeu-se que governo e sociedade se motivaram a realizar ações em âmbito nacional, regional e local, com o objetivo de se tornar mais resilientes com o meio ambiente e alcançar o que se convencionou na Agenda 21 de futuro sustentável. Foi criada então, a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS), cujo objetivo era monitorar as ações e o avanço dos países em relação as metas estabelecidas pela agenda 21 (MOLDAN; BILHARZ, 1997).

No Brasil, as primeiras ações observadas neste sentido, foram quando alguns municípios demonstraram iniciativas para construir suas agendas 21 locais. Foi o caso de São Paulo-SP (1996), Rio de Janeiro-RJ (1996), Vitória-ES (1996), Joinville-SC (1998), Florianópolis-SC (2000), Jaboticabal-SP (2000) e Ribeirão Pires-SP (2003) (MALHEIROS, 2008).

Os exemplos estaduais no Brasil foram mais lentos. Iniciativas voltadas a exercer ações correspondentes a agenda 21 foram observadas inicialmente apenas no estado de São Paulo, com o documento São Paulo do Século XXI em 2000 e no estado de Pernambuco, que lançou seu Plano Estadual de Desenvolvimento Sustentável em 2002 (MALHEIROS, 2008).

A partir de movimentos como estes, a CDS notou que, para acompanhar as responsabilidades assumidas pelos países do mundo todo era necessário criar padrões que serviriam de referência para medir o progresso da sociedade em direção a sustentabilidade, já que o número de países engajados com ações que contemplavam a proposta da agenda 21 vinha crescendo (MALHEIROS, 2008).

Se tornou então fundamental estabelecer uma unidade de medida para os objetivos propostos pelo documento representado pela agenda 21, sem desconsiderar a amplitude de fatores, sejam fatores ecológicos, econômicos, sociais, culturais, institucionais, entre outros (VAN BELLEN, 2004).

Esse formato de avaliar as ações desenvolvidas ao redor do mundo, ganhou evidência a partir da criação de indicadores. Os indicadores sempre existiram, e estão presentes em todos os detalhes. Fazem parte de nossas vidas através de medidas, símbolos, nuances, que resultam em valores que por sua vez caracterizam produtos, processos e eventos (MEADOWS, 1998).

Os indicadores são importantes para avaliar condições de um sistema ou processo independente de escala temporal. É possível comparar o passado com o presente e o futuro. A comparação que os indicadores permitem facilita a tomada de decisões nos mais diferentes setores da sociedade civil, governamental, não governamental e mercados. Servem sobretudo como instrumentos de monitoramento, avaliação, comparação e apoio à gestão (QUIROGA, 2001).

Meadows (1998) compara os indicadores a um termômetro, que verifica a temperatura do corpo humano, sendo neste caso um instrumento, que mesmo não transmitindo informações do sistema corporal num todo, confere uma característica sobre a saúde do indivíduo. Na agricultura as informações meteorológicas e características do solo são indicadores de apoio para a tomada de decisões do que plantar e quando plantar. Assim como as notas obtidas por alunos nas escolas são indicadores de aprendizagem, os painéis de carros e aviões indicam quantidade de combustível, temperatura do motor ou velocidade. Ou seja, os indicadores fazem parte de um fluxo de informações que usamos para entender o mundo ao nosso redor, tomar decisões e planejar ações (MEADOWS, 1998).

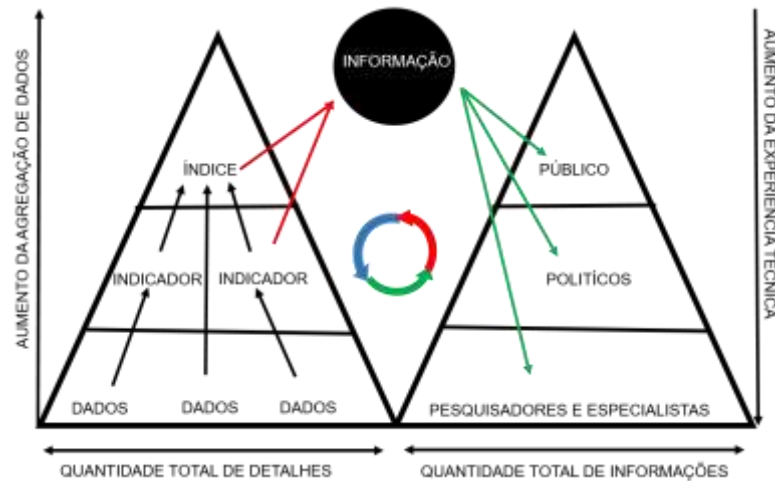
Os indicadores são reflexos parciais da realidade, não são modelos perfeitos. Por exemplo, a nota de um aluno na escola não representa necessariamente conhecimento adquirido. O preço de mercado de ações não se compara com o valor da empresa, (MEADOWS, 1998).

Para Malheiros et al. (2008), Van Bellen (2005) e Veiga (2010), os indicadores se apresentam como métodos de avaliar progresso, embasar decisões políticas e monitorar ações implementadas a um processo. Sua importância e confiabilidade se dá através da utilização de

dados concretos (QUIROGA, 2001). Os indicadores emergem de valores (medimos aquilo com o que nos preocupamos) e criam valores (nos importamos com aquilo que medimos) (MEADOWS, 1998).

Malheiros, Philippi Jr e Coutinho (2008) descrevem os indicadores como uma visão conjunta de informações. Na literatura científica, os indicadores frequentemente são distinguidos de dados e de índices. Numa apresentação conceitual, em forma de pirâmide, a Figura 15 ilustra a diferença na utilização por diferentes setores (Figura 16) (HUANG; WU; YAN, 2015).

**Figura 16.** A pirâmide de indicadores, ilustrando a relação entre dados, indicadores e índices, bem como seus principais grupos de usuários.



Fonte: Wu e Wu (2012).

As diferentes definições para o termo indicador podem ser observadas no Quadro 7.

**Quadro 7.** Diferentes descrições utilizadas para indicadores.

AUTOR	ANO	DESCRIÇÃO
Organização de Cooperação para o Desenvolvimento Econômico (OCDE)	1993	Uma referência que possibilita gerar informações sobre um ambiente, organização, território, etc.
Agência Ambiental Europeia – EEA	2003	Um valor para representar a quantificação de um evento em estudo.
BIODIVERSITY INDICATORS PARTNERSHIP – BIP	2011	Dados que podem ser mensurados por métricas que podem ser verificáveis.
Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – IPBES	2018	Agregação de dados no por meio de informações quantitativas ou qualitativas, que refletem o status, a causa ou o resultado de um objeto de estudo.

Fonte: A autora (2021).

Quiroga (2001) defende a importância do uso de indicadores de sustentabilidade. A autora afirma que, por meio de indicadores, avaliações sobre condições de um sistema podem ser comparadas, seja no tempo passado, atual ou futuro com a mesma precisão. Assim, os indicadores podem ser aplicados também em diferentes setores da sociedade, com o intuito de monitorar, avaliar e apoiar tomadas de decisões de gestores (QUIROGA, 2001).

No contexto de sustentabilidade, exemplos caracterização de uso de indicadores são relatados na literatura. Para Van Bellen (2005), os indicadores de sustentabilidade agregam e quantificam informações de forma que sua significância se torne mais aparente. Os indicadores, dentro de uma função de apoio à política pública fornecem bases sólidas para a tomada de decisão (GOMES; MALHEIROS, 2012). Para Malheiros et al. (2008) a avaliação de políticas, planos, programas e projetos de natureza governamental, ou não, pode ser realizada através do uso de indicadores de desenvolvimento sustentável.

Embora a necessidade de se contar com uma metodologia de coleta de dados capaz de descrever a interação e a pressão que a atividade humana exerce sobre o meio ambiente, tenha começado a ser discutida na década de 1970 (BRAGA, 2002; VAN BELLEN, 2005), as primeiras propostas, efetivamente concretas de trabalho utilizando indicadores, surgiram no final da década de 80 (QUIROGA, 2007).

O processo de construção do conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável, deflagrado na década de 1980, no Brasil (IDS-Brasil) se intensificou na década de 1990, quando a Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (ou United Nations Commission on Sustainable Development, UN-CSD), lançou um movimento internacional para fomentar a formulação de indicadores para acompanhamento do progresso dos países na direção do desenvolvimento sustentável (IBGE, 2008).

Quiroga (2001) distingue esse processo de construção de indicadores em três gerações: indicadores ambientais a partir da década de 1980; indicadores das dimensões de desenvolvimento sustentável, e a partir da década de 1990, indicadores de sustentabilidade, ou seja, indicadores cujas dimensões de desenvolvimento sustentável passam a ser articuladas.

A primeira geração é representada por indicadores como os de qualidade do ar de uma cidade, indicadores de poluição da água por coliformes, indicadores desmatamento, desertificação ou mudança no uso da terra (QUIROGA, 2001). Geração inteiramente elucidada pelos aspectos voltados ao meio ambiente e suas características ecológicas (TAYRA; RIBEIRO, 2006).

Na segunda geração, os indicadores já tendem aos aspectos do desenvolvimento e sua relação com as demais dimensões que determinam o desenvolvimento sustentável (QUIROGA,

2001). Sua avaliação já apresenta implicações nos níveis além de ambientais, os sociais, econômicos e institucionais, porém sem fazer correlação entre essas dimensões (TAYRA; RIBEIRO, 2006).

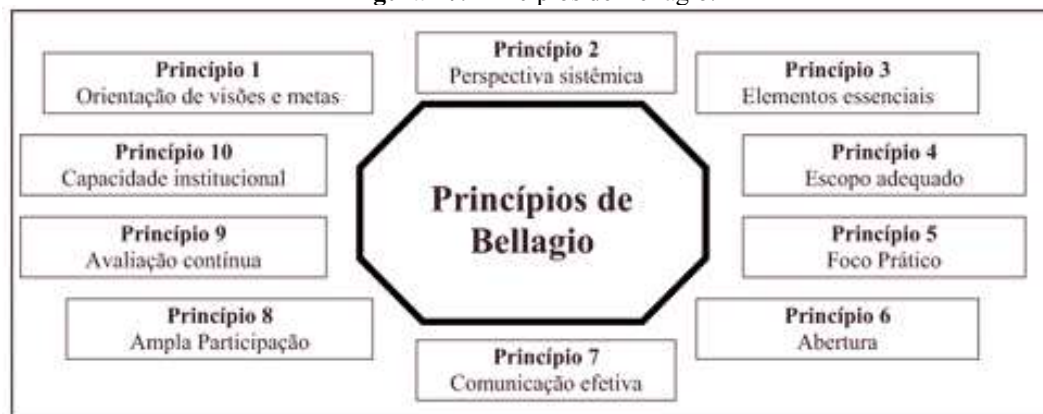
A terceira geração de indicadores, se destaca por apresentar conjuntos de indicadores que tem a capacidade de contabilizar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável eficaz, de forma enxuta, ou seja, poucos indicadores são suficientes para incorporar e vincular as dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais de forma mais clara (QUIROGA, 2001). Nessa geração, não se trata mais de listas de indicadores e sim de variáveis com correlação muito clara, e que formam agora um sistema de indicadores (TAYRA; RIBEIRO, 2006).

Para Fernandes et. al (2012) o desenvolvimento de indicadores, assim como de processos de monitoramento e avaliação de políticas públicas neles apoiadas, consiste em oferecer ao conceito de sustentabilidade um significado prático e funcional, sendo importante que cada grupo de indicador seja direcionado para cada uma das cinco dimensões de sustentabilidade.

Conhecido como marco decisório na evolução do conceito de indicadores, os Princípios de Bellagio, resultado de uma conferência ambiental que aconteceu na Itália, no ano de 1996, determina características como o processo de escolha dos indicadores, sua interpretação e a comunicação de suas leituras para indicação de sustentabilidade (SOUZA, 2007).

Compostos por dez princípios, Figura 17, a proposta resultante da conferência em Bellagio, permitem inserir os indicadores na avaliação de desenvolvimento em escalas locais até as avaliações internacionais (VAN BELLEN, 2002). Estes estão inter-relacionados e devem ser aplicado como um conjunto completo durante a avaliação do desenvolvimento sustentável (HARDI; ZDAN, 1997).

**Figura 17.** Princípios de Bellagio.



**Fonte:** Hardi e Zdan (1997).



Ao que se referem, esses princípios são descritos conforme Hardi e Zdan (1997, p. 1) como:

O princípio 1 refere-se ao ponto inicial, onde deve-se construir uma visão coletiva do que seja sustentabilidade e estabelecer as metas que revelem uma definição prática desta visão em termos do que seja relevante para a tomada de decisão. Os princípios 2 até 5 tratam de conteúdo e da necessidade de repensar o sistema por inteiro com foco em questões prioritárias. Os princípios 6 até 8, lidam com a questão-chave do processo de desenvolvimento em bases sustentáveis, que é a participação social efetiva e capacitada, enquanto os princípios 9 e 10 se referem à necessidade de estabelecer capacidade contínua de avaliação.

Portanto, os princípios de Bellagio marcaram um novo modelo de avaliar o desenvolvimento, que até então levava em conta somente indicadores econômicos, a exemplo do PIB (Produto Interno Bruto). Esse novo formato de avaliar deve atender aos dez princípios pré-estabelecidos e considera indicadores de avaliação do desenvolvimento sustentável (HARDI; ZDAN, 1997).

Van Bellen (2005, p. 164-165), elenca alguns dos indicadores ou sistemas de indicadores mais conhecidos:

**Pegada Ecológica** (Ecological footprint method -EFM). A ferramenta auxilia a compreensão dos limites da biosfera e a reorientação da vida para uma direção mais sustentável. Quando inseridos os dados referentes ao tipo de consumo o EFM converte as características em uma área medida em hectares proporcional ao impacto do consumo; **Painel da sustentabilidade** (Dashboard of sustainability - DS) projetado para informar os tomadores de decisão, à mídia e o público em geral sobre a situação de desenvolvimento de um determinado sistema, público ou privado, de pequena ou grande escala, nacional, regional, local ou setorial em relação à sua sustentabilidade. Foi criada uma representação gráfica como metáfora ao painel de um automóvel. Os indicadores vão “acelerando” no painel à medida que os dados são inseridos no painel; **Barômetro da Sustentabilidade** (Barometer of sustainability - BS) um projeto destinado às agências governamentais e não governamentais, tomadores de decisão e pessoas envolvidas com questões relativas ao desenvolvimento sustentável, em qualquer nível do sistema, do local ao global.

O sistema apresenta conclusões em formato visual, e fornece um retrato do bem-estar humano e tecnológico; **Índice de desenvolvimento Humano** - IDH (Human development index - HDI) que sugere a medida do desenvolvimento humano focado em três elementos: longevidade, conhecimento e padrão de vida decente (que hoje já vão além do produto interno bruto ou renda per capita); **Pressão, Estado, Resposta** (Pressure, State, Responde - PSR) que assume implicitamente uma causa na interação dos diferentes elementos da metodologia sendo Pressão (P) a descrição da pressão das atividades humanas exercidas sobre o meio ambiente,

incluindo recursos naturais, Estado (S) sendo referente a qualidade e quantidade de recursos naturais e qualidade do ambiente e Resposta (R) a extensão e intensidade das reações da sociedade em responder às preocupações e alterações ambientais; **Força dirigida, Estado, Resposta** (Driving force, State, Response - DSR), cuja função é organizar informações sobre desenvolvimento e avaliações setoriais sendo desenvolvido a partir do sistema PSR alterando Pressão por Força dirigida (D); **Iniciativa Relatório Global** (Global Reporting initiative - GRI). Ferramenta de comunicação do desempenho social, ambiental e econômico das organizações, com difusão global. O GRI é um processo de acreditação ao qual empresas se submetem, tendo como objetivo ter sua sustentabilidade avaliada (VAN BELLEN, 2005).

Além destas iniciativas elencadas, registram-se inúmeras outras. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por exemplo, realiza levantamento periódico de dados a nível nacional. A publicação Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) de 2004 incluiu quatro dimensões de sustentabilidade, com os seguintes indicadores: **Dimensão ambiental:** atmosfera, terra, água doce, oceanos, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento; **Dimensão social:** população, trabalho e rendimento, saúde, educação e habitação e segurança; **Dimensão econômica:** quadro econômico, padrões de produção e consumo; **Dimensão institucional:** quadro institucional e capacidade institucional.

O mais popular dos sistemas de indicadores ambientais é o PER (Pressão, Estado, Resposta). Originalmente apresentado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1993; TAYRA; RIBEIRO, 2006). Enquanto os indicadores de estado são usados para descrever a situação presente, física ou biológica, dos sistemas naturais, os indicadores de pressão têm a função de medir/avaliar as pressões exercidas que as atividades antrópicas sobre os sistemas naturais e os chamados indicadores de resposta indicam a qualidade das políticas e acordos formulados para responder/minimizar os impactos antrópicos (ESI, 2002; HERCULANO, 1998; ISLA, 1998).

Contudo, Zavadskas et al. (2005) explicam que o indicador de sustentabilidade varia de país para país, devido às diferentes abordagens e prioridades. Assim, atualmente há diferentes pontos de vista e interpretações entre vários países.

Dentre os diversos modelos de indicadores propostos na literatura e diante do conhecimento da sua importância e necessidade, o Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), vem desenvolvendo, desde o ano de 2013, publicações que contemplam a temática e que colaboram com propostas de modelos de indicadores de sustentabilidade.

No contexto de sustentabilidade urbana, recorte dessa pesquisa, pode-se citar os trabalhos de Cavalcanti (2015) e Cavalcanti et al. (2017), cujo resultado gerou um roteiro de avaliação composto de 17 indicadores de sustentabilidade, agrupados de acordo com a sua predominância em relação às dimensões ambiental, social e econômica. Os resultados obtidos sugerem a incorporação do roteiro proposto aos processos de contratação e acompanhamento de empreendimentos de mobilidade urbana, de forma a direcioná-los ao desenvolvimento sustentável.

Carbone (2019) propôs um conjunto de indicadores de avaliação de capital natural e de serviços ecossistêmicos para regiões metropolitanas. O estudo permitiu verificar a necessidade de se ampliar a implementação das políticas de proteção da biodiversidade, estimular a criação de novas unidades de conservação e fortalecer o monitoramento do uso da terra. Novos trabalhos da autora e colaboradores, como a publicação: “Serviços ecossistêmicos no planejamento integrado do território metropolitano: oferta, demanda e pressões sobre a provisão de água na região metropolitana de Curitiba”. Carbone et al. (2020) reforçam a relação entre a provisão de recursos hídricos e a sustentabilidade por meio do uso de indicadores de serviços ecossistêmicos.

Silva (2020) produziu um trabalho, no qual o objetivo do estudo foi desenvolver um novo sistema de indicadores para avaliação da sustentabilidade da água em bacias hidrográficas. O novo modelo e índice assim proposto pode ser útil em estudos de diagnóstico e prognóstico de sustentabilidade da água, conforme necessário para avaliar a eficácia de ações de gestão de bacias hidrográficas destinadas à promoção do desenvolvimento sustentável. O estudo foi publicado sob os títulos: “Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review” (SILVA et al., 2020) e “Sustainable development assessment from a capitals perspective: Analytical structure and indicator selection criteria” (SILVA et al., 2020) demonstrando através de revisão de literatura e a análise de conteúdo, a necessidade de representar os principais desafios dos sistemas de informação de sustentabilidade hídrica e como o uso de indicadores pode contemplar esses aspectos.

Gutierrez et al. (2017) também tratam o tema do uso sustentável da água utilizando indicadores para representar dados para a cidade de Curitiba/PR. Os autores procuraram estabelecer e analisar a relação entre a cobrança de água e os seus índices de consumo, bem como as aplicações dos princípios protetor-recebedor e usuário-poluidor-pagador na gestão dos recursos hídricos, a fim de apontar como o protetor-recebedor pode influenciar na cobrança pelo uso de água residencial, contribuindo para a redução do consumo no município de Curitiba.

A pesquisa concluiu que existe relação entre o consumo de água e a renda da população curitibana, como forma de atestar que mudanças nas tarifas de água podem impactar o consumo desse recurso. Além disso, a tendência é de que o consumo seja maior entre a população de maior rendimento e menor entre a população com menor remuneração.

Pesquisas como estas, representam diferentes formas de se aplicar modelos de indicadores, corroborando para o estudo da sustentabilidade urbana em diferentes perspectivas.

No trabalho de Biagi (2018) é possível observar o perfil bibliográfico dessas pesquisas e identificar como a produção científica que aborda a sustentabilidade vêm se desenhando ao longo do tempo. Com o objetivo de analisar o perfil das publicações realizadas sobre capital natural na região metropolitana de Curitiba (RMC) o estudo apontou uma maior tendência temática sobre o tema biodiversidade, justificado pelo elevado número de mananciais e remanescentes florestais na região, porém quando observado o número de citações as publicações sobre ar/clima possuem maior visibilidade na comunidade científica.

Estas como outras produções da equipe, reforçam a importância do emprego de indicadores de sustentabilidade, bem como demonstram a sua aplicabilidade em situações diversas. Devido a dinâmica de análise, o uso de indicadores permite uma análise com agregações, contextualização e apresentação de “[...] um cenário delineado por seu conjunto e não simplesmente pelo exame individual de cada indicador” (IBGE, 2008, p. 8).

Entretanto, desafios são observados no uso de indicadores de sustentabilidade. Quando comparamos os indicadores voltados para reações do meio ambiente (indicadores ambientais), com os que retratam situações socioeconômicas e de saúde por exemplo, é possível observar menor disponibilidade de dados (IBGE, 2004). Carbone (2019) aponta que isso se dá devido os indicadores ambientais, serem um tema mais recente, e por isso não contam com uma abrangência na mesma proporção que os indicadores socioeconômicos e de saúde.

Neste contexto, Meadows (1998) alerta que os indicadores de sustentabilidade devem ser mais do que indicadores ambientais, o desafio vai além de retratar dados, mas de indicar ameaças reais. Entretanto a autora admite que os indicadores não são a realidade em si, e sim parte de uma concepção do que está sendo avaliado. Desta forma Quiroga (2001) aponta como grande desafio na utilização dos indicadores a interpretação na elaboração e implementação metodológica.

No que se refere a avaliação de sustentabilidade e ao trabalho do grupo de pesquisa NIPAS, os indicadores definidos se dividem em temas como: educação, trabalho e renda, comunicação, água, extinção de espécies, biodiversidade, serviços ecossistêmicos, áreas naturais, saúde, moradia, uso e ocupação do solo, saneamento, mobilidade, cidadania, política

pública, agropecuária, energia, gênero, segurança, economia, demografia, capital social, vulnerabilidade ambiental, mudanças climáticas e ar (NIPAS, 2019).

Em linhas gerais, o Quadro 8 sumariza dentre os exemplos, alguns dos indicadores de biodiversidade considerados neste mapeamento.

**Quadro 8.** Indicadores de Biodiversidade Mapeados pelo grupo de pesquisa NIPAS.

(Continua)

INDICADOR	CAPITAL	MATRIZ	INDICAÇÃO
Riqueza de espécies (número, número por unidade de área, número por tipo de habitat) - vinculado a Espécies nativas e diversidade genética (agregação)	CN	BIPM	P
Taxa de mudança de dominância de espécies não domesticadas para espécies domesticadas	CN	BIPM	P
Variedade biológica do habitat (riqueza de espécies)	CN	BII(integ)	P
Espécies com populações estáveis ou crescentes (número ou porcentagem)	CN	BIPM	P
Espécies de animais selvagens	DS	BS	P
Espécies de interesse cultural	CN	STI	P
Espécies de mamíferos e aves conhecidos	DS	DS	P
Espécies de plantas selvagens	DS	BS	P
Espécies endêmicas (número ou porcentagem)	CN	BIPM/STI	P
Espécies invasoras	DS	IDS	P
Espécies migratórias	CN	STI	P
Espécies utilizadas por populações locais (número ou porcentagem)	CN	BIPM	P
Grau de mudança na composição de espécies que tem acompanhado a alteração do habitat.	CN	BII(integ)	P
Introdução de espécies	DS	EVI	P
Introdução de espécies invasoras	DS	CESI	P
Número de raças não ameaçadas por milhão de cabeças de uma espécie	DS	BS	R
Número de espécies de aves vivendo naturalmente no ambiente (number of bird species living naturally in the environment)	DS	SIT	R
Número de espécies de peixes vivendo naturalmente no ambiente (number of fish species living naturally in the environment)	DS	SIT	R
Populações de espécies marinhas	CN	LPI	P
Porcentagem de área dominada por espécies não domesticadas	CN	BIPM	P

Fonte: NIPAS (2019).

**Quadro 8.** Indicadores de Biodiversidade Mapeados pelo grupo de pesquisa NIPAS.**(Continua)**

<b>INDICADOR</b>	<b>CAPITAL</b>	<b>MATRIZ</b>	<b>INDICAÇÃO</b>
Porcentagem de área dominada por espécies não domesticadas com ocorrência em fragmentos maiores que 1000 km <sup>2</sup>	CN	BIPM	P
Taxa de raças não ameaçadas por milhão de cabeças de uma espécie	DS	BS	P
Populações de espécies de água doce	CN	LPI	P
Taxa de perda de habitats	DS	MEP	P
Regressão do bioma	CN	BII(intact)/ MAS	P
Acessos de culturas e criação de animais em estoques ex situ (número e porcentagem)	CN	BIPM	P
Acessos de culturas regeneradas na última década (porcentagem)	CN	BIPM	P
Biodiversidade	CN	NCI/IEF/ DSR	P
Biodiversidade (5)	DS	ESI	P
Biodiversidade (área florestal e área protegida)	DS	SSI	P
Biodiversidade - porcentagem do solo voltada à proteção da biodiversidade (Biodiversity – percentage of land deemed to favour biodiversity)	DS	SCI	R
Biodiversidade ecossistêmica	DS	PSR	P
Coefficiente de parentesco das culturas	CN	BIPM	R
Qualidade de habitats	CN	NCI	P
N crítico (impacto sobre a biodiversidade)	CN	MAS/BII (intact)	R
N excedente (impacto sobre a biodiversidade)	CN	MAS/BII (intact)	R
População de aves migratórias (tendências e riscos)	DS	CESI	P
População de salmão selvagem (wild salmon)	DS	ISC	P
Conservação das espécies selvagens de mamíferos, aves, anfíbios, répteis e plantas superiores	DS	WbN	R
Danos à vida silvestre	DS	GIH	P
Desequilíbrio do ecossistema	DS	EVI	P
Ecossistemas	DS	PSR/DSR	P
Ecossistemas-chave selecionados	DS	DS	P
Genética e específica (fauna)	DS	PSR	P
Genética e específica (flora)	DS	PSR	P

**Fonte:** NIPAS (2019).

**Quadro 8.** Indicadores de Biodiversidade Mapeados pelo grupo de pesquisa NIPAS.

INDICADOR	(Conclusão)		
	CAPITAL	MATRIZ	INDICAÇÃO
Grupos taxonômicos	CN	STI	P
Índice de risco ecossistêmico (biodiversidade)	DS	MEP	R
Migrações (Focaliza sobre a biodiversidade, resiliência e persistência de espécies com grandes variações)	DS	EVI	P

Fonte: NIPAS (2019).

Para os indicadores de biodiversidade no contexto de sustentabilidade, o Núcleo de pesquisa NIPAS considerou as informações de descrição do indicador e o capital em que este indicador se adequava. Dentre os capitais, foram considerados os propostos por Meadows (1998), no qual o Capital Natural (CN) corresponde a base do desenvolvimento, o Capital Construído (CC), refere-se à transformação destes fluxos e estoques naturais em meios específicos, ou seja, tudo que é construído pelas atividades sociais a partir do CN e que move a economia e, o Capital Social (CS), o que caracteriza o como e o que é construído é utilizado. Para complementar a análise, o quadro traz ainda, a matriz de onde cada indicador foi retirado. Essa matriz, por vezes, explica como o indicador é calculado e denomina o seu resultado, uma indicação de resultado de uma ação ou processo ou é o processo propriamente dito.

Entre a diversidade de indicadores, vale ressaltar que a sua escolha, na maioria das vezes, é um indicativo do que se pretende avaliar (BROWN, 2001).

### 3.4 Indicador de biodiversidade

Para realizar a gestão adequada das áreas verdes urbanas, por exemplo, é necessário, conforme definição de Porreca (2001), realizar estudos e acompanhamentos por meio de avaliação constante. O monitoramento subsidia as medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo. Pesquisas baseada no monitoramento, auxilia também na definição das melhores políticas urbanas a serem adotadas (TAYRA; RIBEIRO, 2006). É nesse contexto que se salienta a importância de um sistema de indicadores ambientais para processo de monitoramento da qualidade ambiental municipal (OLIVEIRA; SIQUEIRA, 2010). Ao apresentar um sistema de indicadores para o monitoramento de áreas verdes urbanas, busca-se a valorização dos trabalhos desenvolvidos pelas unidades administrativas desses ambientes e, concomitante a isso, reafirmar para a comunidade acadêmica, a necessidade e a importância de acompanhar continuamente o

comportamento dos fenômenos relativos ao capital natural. O conhecimento dos indicadores e seu uso correto por parte da administração municipal das cidades, e principalmente dos pesquisadores, é fundamental para que a apresentação de dados de comprovação do nível de sustentabilidade seja realizada de forma adequada e confiável (BALAN, 2014).

Existem sistemas de indicadores específicos para avaliar biodiversidade, como por exemplo o Living Planet Index (LPI) ou Índice Planeta Vivo do WWF, que avalia o estado e tendências da biodiversidade; o Natural Capital Index, que além da biodiversidade, avalia os ecossistemas, frente a industrialização e os impactos humanos oriundos desse processo (BRINK, 2006).

Outros sistemas de indicadores de biodiversidade são, o Biodiversity Integrity Index (BII), específico para analisar as mudanças na riqueza de espécies (MAJER; BEESTON, 1996) e o Biodiversity Barometer (BB) que é utilizado para medir o nível de consciência da sociedade sobre a biodiversidade (BIP, 2017).

Entre os estudos que apresentam indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana, pode-se citar o City Biodiversity Index – CBI, que é o índice de biodiversidade urbana. Também conhecido como índice de Singapura, o CBI reúne indicadores divididos em três categorias: biodiversidade na cidade, serviços ecossistêmicos e governança (UCHIYAMA et al, 2015). Elaborado para auxiliar na conservação da diversidade biológica e assegurar o uso sustentável dos seus componentes, o CBI é atualmente um dos sistemas de indicadores mais utilizados mundialmente para monitorar biodiversidade urbana (UCHIYAMA et al, 2019).

Hill et al. (2016) reconhecem que ao se tratar de biodiversidade podem surgir diferentes indicadores e estes podem apresentar questões que implicam diretamente no resultado, como: não é possível resumir toda a complexidade em um único indicador para representar seu status ou tendência; pode existir um problema de lacunas de representatividade, seja geográfica, ou de grupos taxonômicos; diferentes metodologias apresentam resultados distintos; e a perda de biodiversidade persistente.

Os indicadores de biodiversidade podem ser um ou mais grupos de táxons, com características de resposta sensível a alterações ambientais. Estes são selecionados por serem mensuráveis e observáveis e com correlação com a diversidade de espécies em uma escala superior a área de estudo, ou seja, passíveis a comparações com dados de diversidade globais (DUELLI; OBRIST, 2003; KREMEN et al., 1993; MCGEOGH, 2007).

Diferentes são os modelos de indicadores adotados em trabalhos científicos, entre a diversidade de indicadores, vale ressaltar que a sua escolha, na maioria das vezes, é um indicativo do que se pretende avaliar. As aves podem representar indicadores da biodiversidade



florestal e ciliar, assim como os insetos também podem significar indicadores fidedignos de microambientes de formações ciliares, a extinção de um deles ou das duas espécies citadas, indica um desequilíbrio de funções ecológicas (BROWN, 2001). Os anfíbios também são indicadores, a ameaça de extinção desses animais indica colapso a nível bastante grave dos ecossistemas e funções bióticas do ambiente terrestre e aquático (MINELLA; KRUGER, 2017).

Os indicadores podem ser utilizados para comparar as áreas urbanas detentoras de biodiversidade original com a biodiversidade modificada ao longo de determinado período (WERNER, 2011). Os resultados obtidos pelo uso de indicadores ambientais têm ainda atribuição sobre a tomada de decisões e a formulação de políticas públicas (BRAGA; FREITAS; DUARTE, 2002).

Para tal é necessário ter clareza ao identificar como essas informações são coletadas para, a partir disso, compreender como a metodologia de indicadores se correlaciona com o conceito de preservação da biodiversidade urbana e a construção da sustentabilidade das cidades (VAN BELLEN, 2005).

É nesse contexto que se salienta a importância de se contar com o auxílio de um sistema de indicadores ambientais para processo de monitoramento da qualidade ambiental em diferentes escalas (OLIVEIRA, 2010). O que também pode se tornar um obstáculo no processo de avaliação (CLARKE et al., 2014).

Ao passar do tempo e em busca de transpassar esses obstáculos, os indicadores de biodiversidade são cada vez mais presentes em trabalhos científicos e despontando por meio de iniciativas globais (CARBONE, 2019).

Exemplos dessas iniciativas foram observadas em 2004, quando o primeiro conjunto de indicadores de biodiversidade em âmbito europeu foi criado. O SEBI 2010 (Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators) foi desenvolvido para monitorar as condições atuais e a tendência de perda de biodiversidade da Europa (BALMFORD et al., 2005).

Assim como o SEBI 2010, a CDB também chamou a atenção para a necessidade de indicadores de biodiversidade. A iniciativa da CDB listou onze indicadores globais para avaliar as metas estabelecidas para conter a perda de biodiversidade até o ano de 2010 (UNEP/CBD/COP7, 2003).

Em geral, os indicadores de biodiversidade fazem parte da avaliação da sustentabilidade, podem ser muito específicos, casos que avaliam número de espécies, por exemplo, ou mais amplos, quando abordam as diversas dimensões da sustentabilidade (CARBONE, 2019).

Pham et al. (2019) sugerem que os indicadores de biodiversidade urbana sejam divididos em três categorias: biodiversidade, fatores causais e sistema de gestão, conforme Quadro 9.

**Quadro 9.** Indicadores de biodiversidade urbana

Biodiversidade	Cobertura	Proporção de áreas verdes. Conectividade/Fragmentação de áreas verdes.
	Biologia	Abundância e distribuição de espécies selecionadas. Mudança no número de espécies nativas. Proporção de espécies exóticas invasoras.
Fatores casuais	Fatores físicos	Temperatura/Umidade do ar. Temperatura/Umidade do solo.
	Atividades humanas	Mudanças de terra usada. Poluição do solo, poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, poluição luminosa.
	Riscos urbanos	Incêndios industriais
Sistemas de gestão	Participação das partes interessadas	Participação dos cidadãos na proteção da biodiversidade urbana.
	Finanças	Orçamento para projetos de biodiversidade urbana.

**Fonte:** Pham et al. (2019).

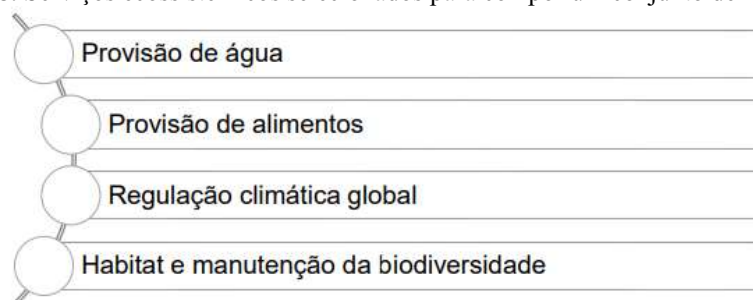
Para os autores, a biodiversidade é uma característica que atribui qualidade de vida nas cidades e contribui para o equilíbrio biológico e ambiental urbano, devendo ser protegida e valorizada. Sendo assim, todos os setores da cidade devem estar envolvidos na sua proteção. O modelo apresentado no Quadro 8, representa ideia de categorizar os indicadores de acordo com as possibilidades de uso, dando ênfase na aplicabilidade de cada indicador no formato independente entre as categorias, ou seja, o que cada categoria pode avaliar separadamente, ou ainda como um modelo de estrutura de avaliação pode contemplar dimensões diferentes.

As categorias estabelecidas por Pham et al. (2019) demonstram a importância de uma estrutura de avaliação complexa e ampla, onde a existência de ferramentas de avaliação da biodiversidade não seja limitada e sim faça parte de uma estrutura para atender diferentes demandas.

De acordo com a própria CDB (1997), a disponibilidade de indicadores sempre existiu, mas em variadas escalas e propósitos. Alguns serviam a interesses especificamente acadêmicos, enquanto outros eram utilizados para atender as necessidades políticas e de gestão. A aplicação de indicadores de biodiversidade é uma forma de obter informações relevantes em especial para a política, para a compreensão da relação entre serviços ecossistêmicos e a sociedade (CZÚCZ; ARANY, 2016).

Existem comparações entre os indicadores de biodiversidade e indicadores de serviços ecossistêmicos. Feld et al. (2009) chama a atenção para a necessidade de desenvolver sistemas comuns, mas para habitats diferentes. Carbone (2019) diferencia serviços ecossistêmicos como conjunto que forma um sistema de indicadores, Figura 18.

**Figura 18.** Serviços ecossistêmicos selecionados para compor um conjunto de indicadores.



**Fonte:** Carbone (2019).

Na tentativa de padronizar a utilização de indicadores no que diz respeito à biodiversidade, diversas ações foram tomadas, incluindo a elaboração de metodologias para o uso de indicadores, conforme o Quadro 10 a seguir.

**Quadro 10.** Documentos sobre iniciativas de indicadores no âmbito da CBD décadas 1990-2010.

(Continua)

TÍTULO DO RELATÓRIO	DOCUMENTOS
Recomendações para um conjunto principal de indicadores de diversidade biológica	UNEP / CBD / SBSTTA / 3/9 - 1997 UNEP/CBD/SBSTTA/3/Inf.13 - 1997
Desenvolvimento de indicadores de diversidade biológica	UNEP/CBD/SBSTTA/5/12 - 1999
Monitoramento e indicadores: projetando programas e indicadores de monitoramento de nível nacional	UNEP/CBD/SBSTTA/9/10 31 - 2003
Relatório da reunião de peritos sobre indicadores de diversidade biológica incluindo indicadores para avaliação rápida de ecossistemas de água interior	UNEP/CBD/SBSTTA/9/INF/7 -2003
Indicadores de biodiversidade propostos aplicáveis ao objetivo de 2010	UNEP/CBD/SBSTTA/9/INF/26 2003
Relatório do grupo de peritos técnicos ad hoc sobre indicadores para a avaliação do progresso em direção ao objetivo da biodiversidade de 2010	UNEP/CBD/SBSTTA/10/INF/7 2004
Indicadores para avaliar o progresso e comunicar a meta de 2010 em nível global	UNEP/CBD SBSTTA 10 REC X/5
Indicadores para o plano estratégico para a biodiversidade 2011-2020	UNEP/CBD/AHTEG-SP-Ind/1/2 2011
Relatório do grupo de peritos técnicos ad hoc sobre os indicadores do plano estratégico para a biodiversidade 2011-2020	UNEP/CBD/AHTEG-SP-Ind/1/3 2011

**Fonte:** Carvalho (2019).

**Quadro 11.** Documentos sobre iniciativas de indicadores no âmbito da CBD décadas 1990-2010.**(Conclusão)**

<b>TÍTULO DO RELATÓRIO</b>	<b>DOCUMENTOS</b>
Outras informações relacionadas à fundamentação técnica para as metas de biodiversidade da Aichi, incluindo potenciais indicadores e marcos	UNEP/CBD/COP/10/INF/12/Rev.1 2011
Indicadores globais e abordagens sub-globais para monitorar o progresso na implementação do plano estratégico para a biodiversidade 2011-2020	UNEP/CBD/ID/AHTEG/2015/1/2/Rev.1 2015
Revisão do conjunto global de indicadores, principais lacunas globais e opções de indicadores para avaliação futura do Plano Estratégico para a Biodiversidade 2011-2020	UNEP/CBD/ID/AHTEG/2015/1/INF/1/Rev.1 2015
Utilizando indicadores globais de biodiversidade e dados subjacentes para apoiar o desenvolvimento de nbsap e relatórios nacionais	UNEP/CBD/ID/AHTEG/2015/1/INF/8 2015
Barreiras ao uso de indicadores globais e datasets para apoiar implementação de nbsap e processos nacionais	UNEP/CBD/ID/AHTEG/2015/1/INF/9 2015
Relatório do grupo de peritos técnicos ad hoc sobre os indicadores do plano estratégico para a biodiversidade 2011-2020	UNEP/CBD/ID/AHTEG/2015/1/3
Processo de indicadores para os objetivos de desenvolvimento sustentável	UNEP/CBD/ID/AHTEG/2015/1/INF/11 2015

**Fonte:** Carvalho (2019).

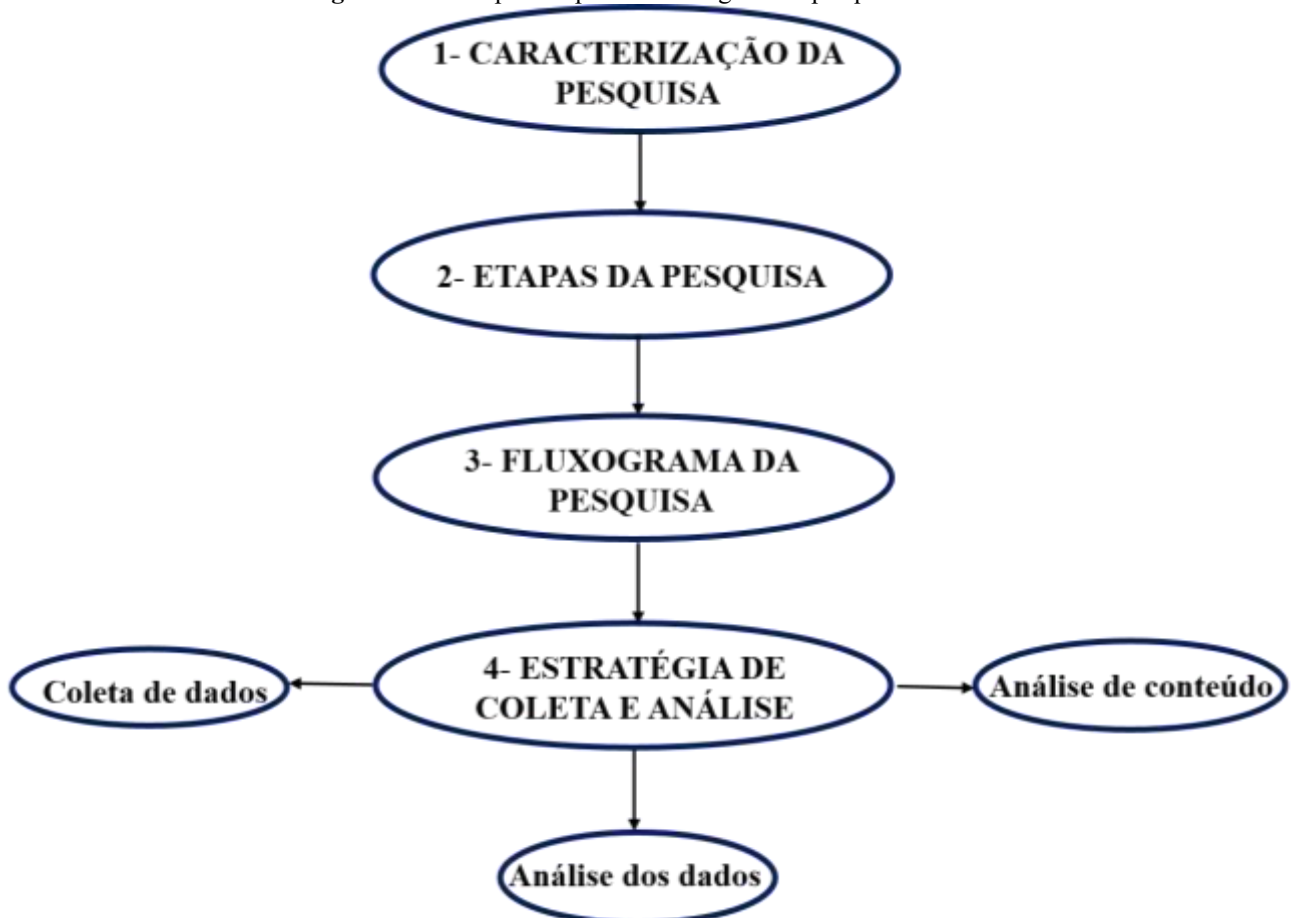
Carvalho (2019) apresenta muito bem um panorama da evolução dos indicadores ao passar do tempo e o papel da CBD em selecionar um conjunto de indicadores de caráter universal, possíveis de serem utilizados em escala global e nacional, agregando informação e possibilitando comparações. Os indicadores percorreram, portanto, uma linha temporal na busca do entendimento e unificação entre os que serviam a interesses especificamente acadêmicos, e outros que eram orientados por necessidades políticas e de gestão.

Ao apresentar um sistema de indicadores para o monitoramento de biodiversidade urbana busca-se reafirmar para a comunidade a necessidade e a importância de acompanhar continuamente o comportamento dos fenômenos relativos a esse meio, ao mesmo passo que a urbanização e criação de novas grandes cidades vem caminhando (VAN BELLEN, 2005).

## 4 METODOLOGIA

Considerando a pergunta de pesquisa, “como as categorias e indicadores poderiam compor uma estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana?”, e desta forma compreender como os indicadores de biodiversidade urbana podem ser contemplados em processos de avaliação de sustentabilidade, a Figura 19 sumariza o fluxo da pesquisa apresentado neste capítulo.

**Figura 19.** Principais etapas metodológicas da pesquisa.



Fonte: A Autora (2021).

### 4.1 Caracterização da Pesquisa

O tema sustentabilidade é amplo e aplicado em distintas perspectivas, presente em diferentes pesquisas, em diversas disciplinas e áreas de conhecimento. Trata-se de um tema transversal naturalmente interdisciplinar.

Essa pesquisa se caracteriza como bibliográfica e descritiva, a partir de síntese, interpretação, análise crítica e avaliação de literatura sobre indicadores de biodiversidade urbana.

Com características descritiva e exploratória, este estudo não parte de hipóteses ou pressupostos, mas se atém a descrever dados dispostos na literatura. Informações selecionadas e sistematizadas de acordo com os aspectos e variáveis estudadas. Dentre as vantagens, pode-se destacar o uso da pesquisa descritiva na obtenção de informações do mesmo tema, mas com diferentes pontos de vista de acordo com cada autor. A fonte de dado é, portanto, documental, especificamente bibliográfica em bases de dados digitais (*Scopus* e *Web of Science*) (MARCZYK; MATTEO; FESTINGER, 2005).

#### 4.2 Etapas da pesquisa

A descrição das etapas que constituem a pesquisa, acompanhadas por seus respectivos procedimentos e resultados esperados, podem ser observados no Quadro 11, apresentado a seguir.

**Quadro 12.** Etapas da pesquisa.

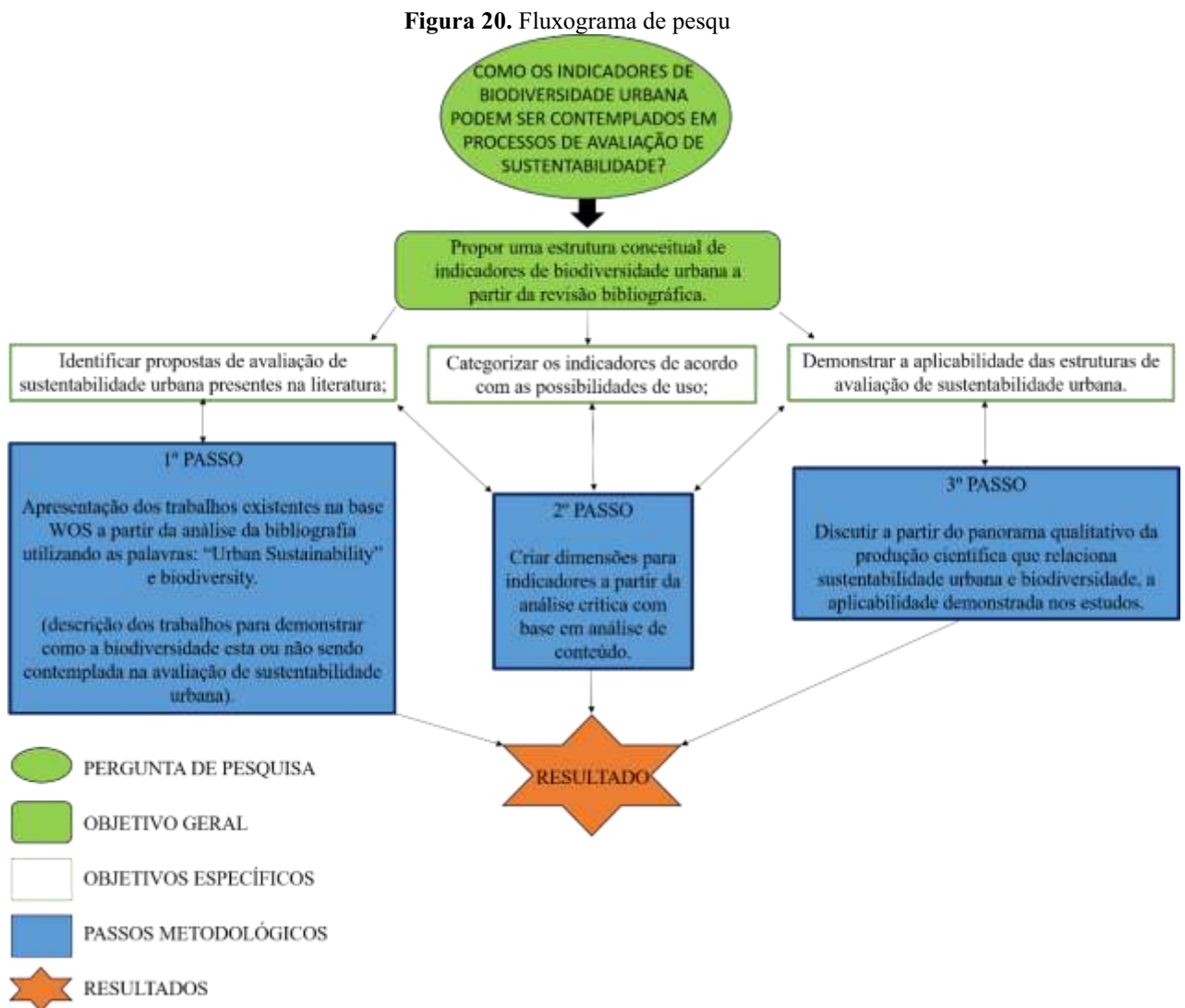
<b>ETAPAS</b>	<b>PROCEDIMENTOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pesquisa bibliográfica	Buscar na base, <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> as produções acadêmicas mais recentes e mais citadas	Referencial teórico tanto dos conceitos clássicos, quanto do estado da arte do tema.
Caracterização quantitativa da produção científica sobre sustentabilidade urbana e biodiversidade	Identificação das publicações realizadas sobre sustentabilidade urbana e biodiversidade.	Panorama quantitativo da produção científica que relaciona sustentabilidade urbana e biodiversidade.
Identificar propostas de avaliação de sustentabilidade urbana presentes na literatura.	A partir da análise qualitativa, diferenciar como os autores retratam a temática sustentabilidade urbana.	Construção do estado da arte a partir das diferentes visões de mundo de cada autor sobre o mesmo tema.
Categorizar os indicadores de acordo com as possibilidades de uso.	Identificação dos trabalhos que avaliam a sustentabilidade urbana por meio de indicadores.	Demonstrar os indicadores de biodiversidade mais utilizados.
Caracterizar a aplicabilidade das estruturas de avaliação de sustentabilidade urbana.	Criar categorias (a partir da literatura e do grupo de pesquisa), para a seleção de indicadores de biodiversidade no contexto de avaliação de sustentabilidade urbana.	Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana a partir da construção do estado da arte.

**Fonte:** A autora (2021).

Todas as etapas, procedimentos e resultados são descritos nos próximos capítulos.

### 4.3 Fluxograma de pesquisa

O fluxograma de pesquisa foi elaborado para ilustrar os passos metodológicos realizados de acordo com os objetivos propostos, conforme Figura 20.



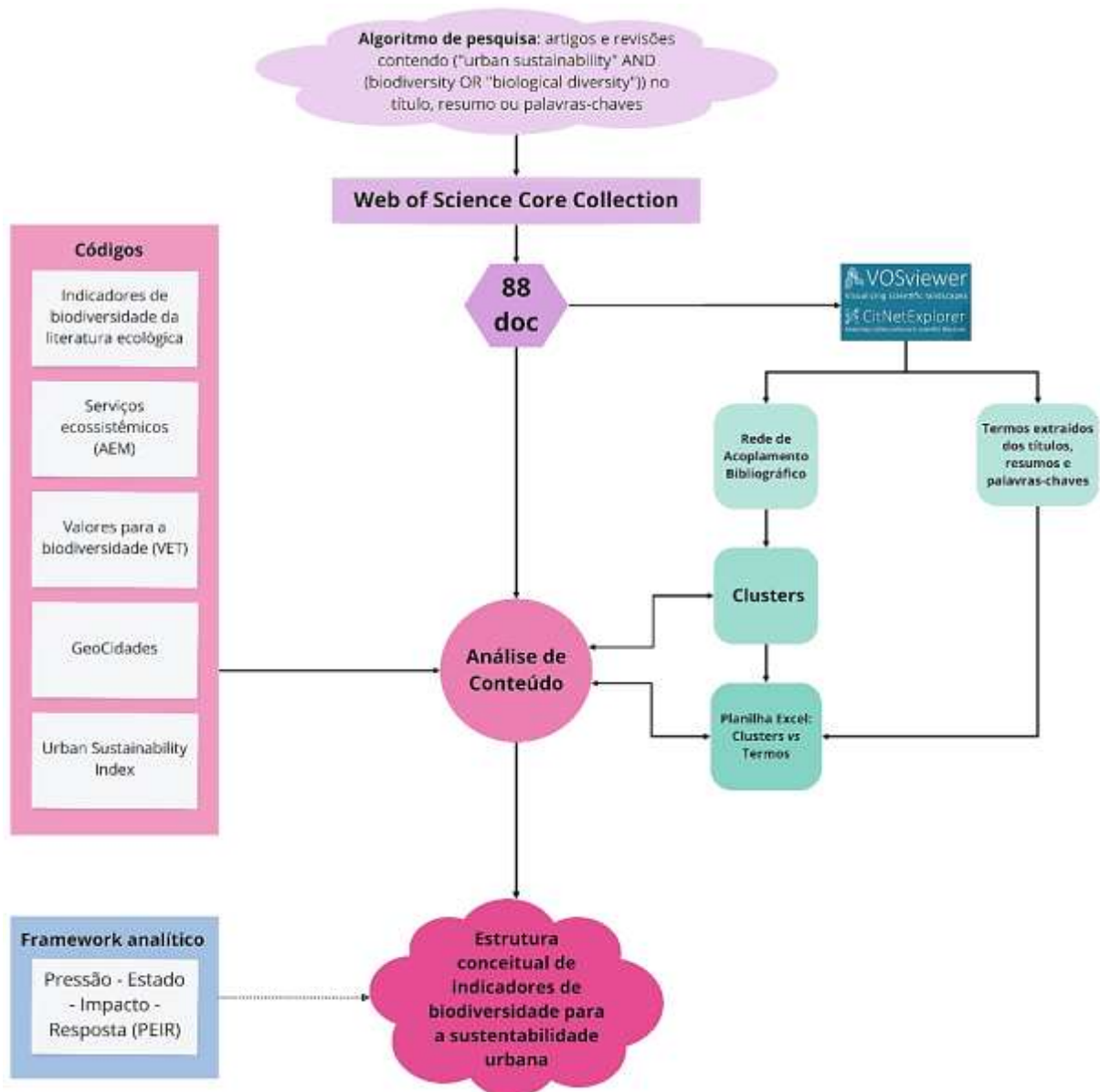
Fonte: A autora, 2021.

O ponto de partida é a pergunta norteadora da pesquisa, e a partir dela que foi definido o objetivo geral e respectivamente os objetivos específicos. O fluxograma apresentado na Figura 19, demonstra em síntese a organização da metodologia adotada para a elaboração do presente estudo.

#### 4.4 Estratégias de coleta e análise

A fim de ilustrar esta seção a Figura 21, destaca o roteiro metodológico que será descrito nos próximos itens.

Figura 21. Roteiro Metodológico.



Fonte: A autora, 2021

##### 4.4.1 Coleta de Dados

De acordo com Cobo et al. (2012), os bancos de dados mais importantes e mais conhecidos são, o *Web of Science* e o *Scopus*. Corroborando a essa afirmação, Lopes et al.



(2012) apresentam um quadro resumo das principais vantagens e desvantagens dessas duas bases de dados, conforme Quadro 12.

**Quadro 13.** Vantagens e Desvantagens do WoS e Scopus.

	<i>Web of Science</i>	<i>Scopus</i>
<b>Sobre</b>	Web of Science (WoS) da Thomson Reuters é uma base multidisciplinar que indexa mais de 12.700 periódicos, nas diferentes áreas científicas, contendo informações desde o início do século XX, sendo atualizada semanalmente.	O seu principal objetivo é a pesquisa por autor e assunto. Procura ter uma cobertura detalhada desde 1996 até à atualidade. Conteúdos de outras bases de dados da Elsevier, desde 1966, têm sido seletivamente incluídos na Scopus, de modo a aumentar e melhorar a cobertura
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• excelente cobertura temporal (a partir de 1900-presente para algumas revistas),</li> <li>• registros enriquecidos com as referências citadas,</li> <li>• melhorou a cobertura regional e muito recentemente adicionou 700 periódicos regionais,</li> <li>• primeira base de dados a incorporar o h-índice,</li> <li>• permite visualizar o h-índice negativo (apenas do primeiro autor),</li> <li>• inclui conference proceedings, §inclui monografias,</li> <li>• Autoriza a visualização de registros órfãos usando a opção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• indexa mais de 18.000 títulos de periódicos,</li> <li>• inclui títulos em Acesso Aberto, conferências, páginas web, patentes e livros,</li> <li>• Possui a funcionalidade “more” que permite visualizar rapidamente os registros órfãos,</li> <li>• cobertura muito forte ao nível das revistas de ciência e tecnologia,</li> <li>• contém ferramentas úteis para identificação dos autores,</li> <li>• gera automaticamente o h-índice,</li> <li>• tem mais conteúdos europeus que a WoS, e inclui mais idiomas para além do Inglês - 60% de cobertura é de fora dos EUA.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possui melhor cobertura na área das ciências do que das artes e humanidades,</li> <li>• 80% dos conteúdos são das áreas das Ciências, §pouca cobertura de conteúdos em Acesso Aberto,</li> <li>• as opções/alternativas para encontrar e distinguir autores não são muitas,</li> <li>• falta de standardização de autores e instituições/afiliação,</li> <li>• privilegia os conteúdos anglosaxónicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a cobertura temporal não é muito significativa, visto que muitas revistas só foram indexadas nos últimos 5 anos,</li> <li>• cobertura deficiente das áreas das artes e humanidades, mas maior, se comparada a WoS,</li> <li>• a maior parte das citações remonta a 1996. Tal fato resulta numa distorção do h-índice para investigadores com carreiras mais longas,</li> <li>• citações de artigos pré-1996 feitas em artigos publicados depois de 1996 não estão incluídas no cálculo do h-índice, não sendo contabilizadas, o que a limita de duas formas – citação e citado</li> </ul>

Fonte: Lopes et al. (2012).

Para a escolha da base de dados utilizada para essa pesquisa, inicialmente foram realizadas buscas nas duas bases de dados (WOS e Scopus) utilizando as seguintes palavras-chaves: “Urban Sustainability” and biodiversity; Biodiversity and indicators; “Urban Sustainability”; “Urban Biodiversity”; Sustainability and Indicators; Sustainability and urban. As aspas foram usadas para que a busca se restringisse às palavras agrupadas.

De acordo com os primeiros resultados (Quadro 13), percebeu-se a necessidade de refinar as palavras-chaves para que a busca atendesse de forma mais específica o recorte do estudo e se alinhasse com os objetivos propostos para a pesquisa.

**Quadro 14.** Coleta de dados no Scopus e Web of Science.

<b>Palavras-Chave</b>	<b>Nº de trabalhos disponíveis Scopus</b>	<b>Nº de trabalhos disponíveis WOS</b>
<i>“Biodiversity AND indicators”</i>	10.399	11.424
<i>“Urban Sustainability”</i>	2.792	2.150
<i>“Urban Biodiversity”</i>	709	558
<i>“Sustainability AND Indicators”</i>	18.353	16.429
<i>“Sustainability AND urban”</i>	21.774	15.358

**Fonte:** A Autora (2021).

A partir dos dados coletados nesta etapa, observou-se que o número de trabalhos na base *Web of Science* e na base de dados *Scopus* foram similares. Essa fase exploratória forneceu uma prévia das possibilidades que cada base oferece. Diante dos altos números de publicações observadas envolvendo o tema, a coleta de dados para a produção da revisão de literatura conceitual utilizou-se de filtros como: leitura dos títulos, resumos, fator de impacto, número de citações e ano de publicação mais recente – no quesito abordagem atual - e os mais antigos e clássicos – no que se refere ao marco histórico.

A análise contempla assim, categorias de busca conforme ilustrado no Quadro 14, onde se utiliza dos princípios bibliométricos dos filtros (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

**Quadro 15.** Princípios bibliométricos dos filtros.

<b>Tipo de filtro Bibliométrico</b>	<b>Leis/princípio da Bibliometria</b>	<b>Definição/ Autor</b>
a. Análise de revistas mais relevantes	Lei de Bradford, fator de Impacto e 80/20	A Lei de Bradford estima o grau de relevância de cada periódico, em dada área do conhecimento. O fator de impacto por sua vez estima o grau de relevância de artigos, cientistas e periódicos científicos, em determinada área do conhecimento. E finalmente a Lei de 80/20 composição, ampliação e redução de acervos de acordo com o uso de 20% da informação por 80% dos usuários
b. Análise de revistas que mais publicaram sobre o tema	Lei de Bradford	A Lei de Bradford estima o grau de relevância de cada periódico, em dada área do conhecimento.
c. Evolução do tema ano a ano	Obsolescência da literatura e Teoria Epidêmica de Goffman	Estima o declínio da literatura de determinada área do conhecimento baseado nas citações e publicações. A Teoria Epidêmica de Goffman afere a razão de crescimento e declínio de determinada área do conhecimento
d. Autores que mais publicaram vs. autores que mais foram citados	Lei de Lokta e Lei do Elitismo	A Lei de Lokta estima o grau de relevância de autores, em dada área do conhecimento. E a Lei do elitismo, o tamanho da elite de determinada população de autores. Ambas as leis são baseadas em citações e publicações
e. Documentos mais citados	Lei do Elitismo, Lei do 80/20 e citações.	A Lei do elitismo estima o tamanho da elite de determinado conhecimento. As citações atribuem aos documentos importância à medida que são citados por outros autores e a Lei de 80/20 pode ser adaptada para encontrar os 20% dos documentos que equivalem a 80% das citações.
f. Países que mais publicaram	Lei do 80/20	Lei de 80/20 composição, ampliação e redução de acervos de acordo com o uso de 20% da informação por 80% dos usuários.
g. Conferências que mais contribuíram	Lei do 80/20	
h. Universidades que mais publicaram	Lei do 80/20	
i. Agências que mais financiam a pesquisa	Lei do 80/20	
j. Áreas que mais publicam	Lei do 80/20	
l. Frequência de palavras-chave Lei do 80/20	Lei do 80/20	

**Fonte:** Guedes e Borschiver (2005).

Na sequência, como estratégia de coleta de dados para análise, a busca avançou com pesquisa nas bases de dados WOS e *Scopus*, restringindo-se ao uso das palavras-chave, utilizando-se do método de combinação “AND” com as seguintes palavras-chave: “Urban Sustainability” and biodiversity, permanecendo o uso das aspas para que a busca se restringisse as palavras agrupadas.

Para essa combinação: “Urban Sustainability” and biodiversity, a base de dados *Scopus* apresentou 81 documentos do tipo artigo, enquanto a base de dados WOS apresentou para a mesma combinação 88 documentos do tipo artigo. Observando que a base de dados Web of Science apresentava os mesmos trabalhos da Scopus e outros sete a mais, optou-se por considerar apenas a base de dados WOS para esta pesquisa. A base de dados WOS é uma das bases de dados mais abrangentes, visto que o seu leque de pesquisa remonta ao ano 1900. Outro fator importante que foi levado em consideração para a escolha da base de dados para a pesquisa, foi a padronização mais evidente dos dados bibliométricos da WOS.

#### 4.4.2 Análise dos dados

Para a análise dos dados foram considerados o total de trabalhos disponíveis na base WOS, perfazendo 88 documentos do tipo artigo selecionados para análise e discussão, com auxílio de softwares: o *CitNetExplorer* e *VOSviewer*.

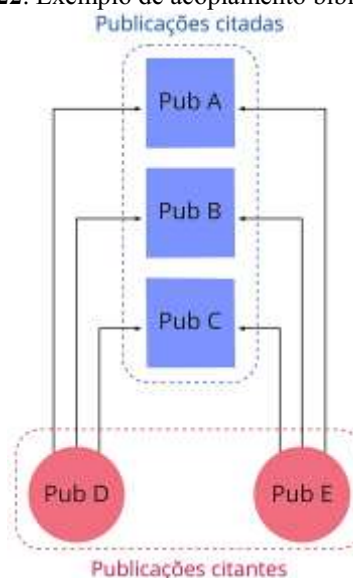
O *CitNetExplorer* é um software que fornece várias técnicas para analisar redes de citações e acoplamento bibliográfico de publicações. Desenvolvido com o propósito de estudar a evolução da literatura científica em um campo de pesquisa o software permite ao pesquisador visualizar, analisar e explorar as redes de citação de publicações científicas através de gráficos dinâmicos (VAN ECK, 2014).

A funcionalidade de agrupamento é alcançada usando a fórmula desenvolvida por Van Eck em 2012. Essa funcionalidade foi usada para atribuir um grupo a cada publicação. Como resultado, as publicações mais relacionadas tendem a ser encontradas no mesmo grupo. Essa relação é atribuída em função das redes de citação entre os trabalhos. Desta forma, o *CitNetExplorer* foi usado para agrupar publicações com base nas relações de citações e analisar as soluções de agrupamento resultantes (VAN ECK, 2014).

As análises permitiram realizar o agrupamento dos trabalhos em clusters de acordo com a abordagem similar entre os autores e o cruzamento das citações e referências entre os autores formando subclusters. Quanto mais referências dois artigos compartilham, mais forte é a conexão.

O software VOSviewer, foi utilizado na sequência. É uma ferramenta de software para construção e visualização de redes bibliométricas. Essas redes podem incluir, por exemplo, periódicos, pesquisadores ou publicações individuais, e podem ser construídas com base em relações de citação, acoplamento bibliográfico, co-citação ou coautoria. O VOSviewer também oferece a funcionalidade de mineração de texto que pode ser usada para construir e visualizar redes de co-ocorrência de termos importantes extraídos de um corpo de literatura científica (VAN ECK, 2014). Em resumo existem três análises que utilizam as referências nesse software: análise de citação, acoplamento bibliográfico e co-citação. No caso, desta pesquisa utilizamos o acoplamento bibliográfico, demonstrado na Figura 22. Adotamos a contagem parcial das referências: um artefato do *VOSviewer* para incrementar a importância dos pares de referências que são incomuns para o restante da rede (as referências que todos citam se tornam pouco influentes na construção da rede).

**Figura 22.** Exemplo de acoplamento bibliográfico.



**Fonte:** A autora, 2021.

As publicações D e E citam as publicações A, B e C. As publicações D e E estão acopladas (conectadas indiretamente) pelas publicações A, B e C. Quanto mais citações (referências) em comum, mais forte é o acoplamento entre duas publicações.

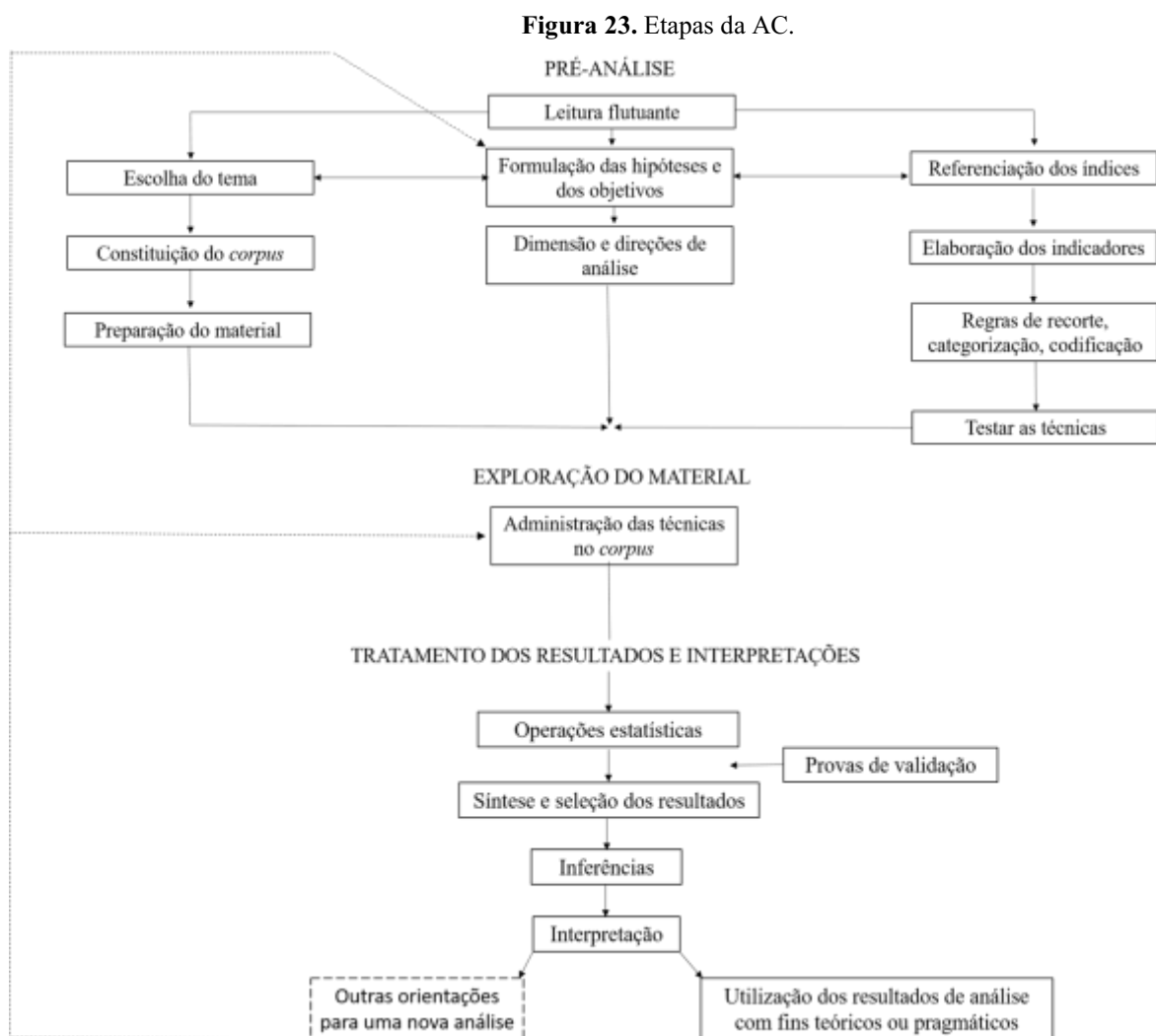
Segundo Sharifi (2020), o VOSviewer é uma ferramenta amplamente usada por apresentar gráficos dinâmicos, sendo úteis para a criação de redes bibliométricas de periódicos, autores, publicações, organizações e países. As redes desenvolvidas nos gráficos são geradas com base em coautoria, coocorrência, citação, acoplamento bibliográfico e análises de co-citação (VAN ECK; WALTMAN, 2009).

Para essa pesquisa optamos, portanto, pelo acoplamento bibliográfico, pela razão de que a mesma conecta praticamente todos os artigos. Esta ferramenta é particularmente útil para o propósito deste estudo, pois a análise permite identificar os principais tópicos de pesquisa e detectar os principais clusters relacionados à avaliação da sustentabilidade urbana.

#### 4.4.3 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (1977) permite categorizar os indicadores já propostos na literatura, a partir da qual espera-se agrupar os indicadores de acordo com a sua contribuição na avaliação da biodiversidade urbana.

Esse modelo de análise consiste basicamente em três etapas, a pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados (inferência e interpretação) (BARDIN, 2011). Cada uma das etapas complementa a outra, conforme exemplificado na Figura 23.



Fonte: Bardin (1977).

Para a realização dessa análise, será seguido o protocolo descrito por Poupart (2008), quando todos os elementos dos documentos serão analisados. A problemática ou quadro teórico, contexto, autores, interesses, confiabilidade, natureza do texto, conceitos. O pesquisador poderá fazer uma interpretação coerente, tendo em conta a temática ou o questionamento inicial.

Com o intuito de facilitar a operacionalização dessas análises, contou-se com o auxílio de uma planilha dinâmica de Excel e da ferramenta linguística do *VOSviewer* para extrair os termos dos títulos, resumos e palavras-chaves, como é possível observar na Figura 24.

**Figura 24.** Trecho cda planilha dinâmica: Termos vs Clusters.

**Cluster 1**

	Cluster 1	Cluster 2
	emang (2020) davielins (2018) eu (2015) hr (2017) lar utans (2006) li (2017) stunrap (2020) socranaray (2017) lve (2019) huang (2020) dlu (2020) faridkhal (2019) fembi (2020) li (2018) des (2019) air (2018) bernton-shost (2019) mcdonald (2015)	Cluster 2 frondies (2011) blaji (2008) shi (2014) saldarriaga (2020) bomnes (2007) bernaridin (2007) dionarda (2017) stolz (2018) glennie (2020) de la barrera (2017) lin (2013) kossel (2015) nero (2019)
<b>Termos</b>	25	4
indicator	1	
index	1	
vegetation index	1	
sustainability indicators	1	
composite index	1	
urban sustainability indicator	1	
average kappa index	1	
comprehensive evaluation index	1	
ecohydrological proxy indicators	1	
ecological footprint variation index	1	
index system	1	
local ecological footprint pressure index	1	
proxy ec hydrological indicator	1	
proxy indicator	1	
rural urban water indicator	1	
two-band enhanced vegetation index	1	
urban indicators	1	
urban sustainability index	1	
ecological indicator	1	
indicator schema	1	
indicator framework	1	
city biodiversity index	1	
claritas potential rating index	1	
composite indicator	1	
discipline specific indicator	1	
ecosystem services indicator	1	
environmental quality index	1	
index value	1	
indicators performance	1	
integrated environmental deprivation index	1	
integrated indicator framework	1	
integrative indicator framework	1	
key biodiversity indicator	1	
municipal human development index	1	
performance indicators	1	
political institutional capacity index	1	
urban park naturalness index	1	

**Cluster 2**

Termos contendo  
"indicator" ou "index"

Fonte: A autora, 2021.

Ao buscar pelo termo, automaticamente a planilha demonstrava quais eram os clusters que apresentavam aquele termo, e outros termos correlatos que se podia encontrar entre as publicações. A utilização da planilha compreendeu o processo da análise de conteúdo de forma a se tornar uma estratégia para relacionar as três fases propostas por Bardin (1977).

A primeira fase, pré-análise, é desenvolvida para sistematizar as ideias iniciais colocadas pelo quadro referencial teórico e estabelecer indicadores para a interpretação das informações coletadas (BARDIN, 1977).

A fase de exploração do material, que constitui a segunda fase, consiste na construção das operações de codificação, considerando-se os recortes dos textos em unidades de registros, a definição de regras de contagem e a classificação e agregação das informações em categorias simbólicas ou temáticas. Bardin (1977) define codificação como a transformação, por meio de recorte, agregação e enumeração, com base em regras precisas sobre as informações textuais, representativas das características do conteúdo. A terceira fase compreende o tratamento dos resultados, inferência e interpretação, consiste em captar os conteúdos manifestos e latentes contidos em todo o material coletado (BARDIN, 1977).

Esta análise dos artigos publicados na base de dados WOS, se insere na análise de conteúdo e na análise documental, com o propósito de “armazenar sob uma forma viável e a facilitação do acesso ao observador, de tal forma que este obtenha o máximo de informações (aspecto quantitativo), com o máximo de pertinência (aspecto qualitativo)” (BARDIN, 2011, p. 51).

A planilha possibilitou verificar visualmente que, de fato, existiu certa relação entre os clusters (obtidos a partir das referências dos artigos) e os assuntos (obtidos a partir dos títulos, resumos e palavras-chaves desses artigos).

Para a seleção dos indicadores de biodiversidade utilizou-se ainda da planilha dinâmica, Figura 24, sendo que neste momento além de ordenar os clusters por meio de temas e assim nomeá-los, optou-se por organizar as informações coletadas da literatura. Em síntese, as informações tiveram ponto de partida através da busca por termos externos definidos de acordo com as categorias de serviços ecossistêmicos (provisão regulação, cultural e suporte); categorias de valoração de serviços ecossistêmicos (valor de uso, valor de opção e valores de não-uso ou de existência); indicadores e conceitos usados para definir a biodiversidade no contexto da ecologia; indicadores do Índice de biodiversidade da cidade, ou também conhecido como índice de Singapura o que resultou na categorização das informações descritas nos estudos e os indicadores do Projeto GEO Cidades, Anexo 1.

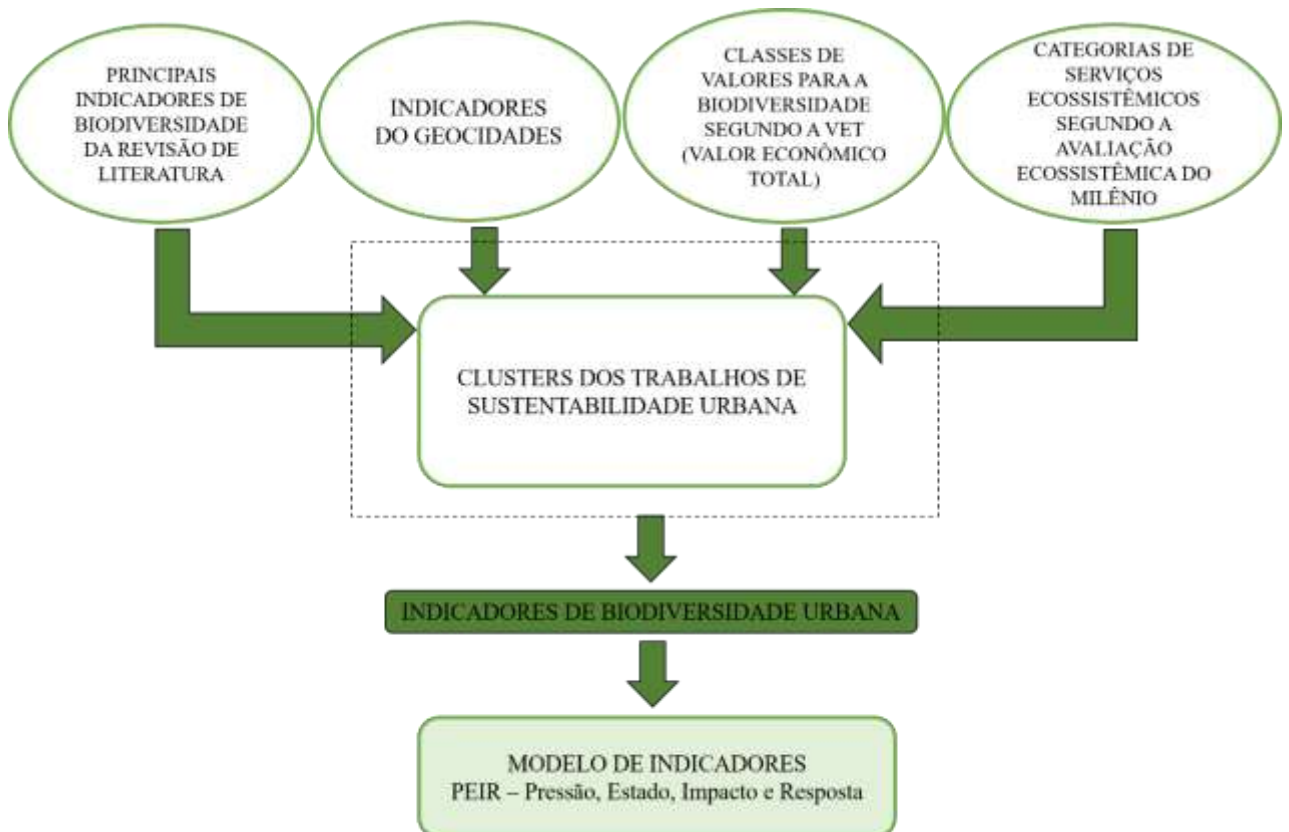
Por fim, os indicadores selecionados a partir da análise de conteúdo, foram classificados de acordo com o modelo PER, conforme ilustrado na Figura 25. Como descrito por Lembi et al. (2020), a abordagem por meio do modelo PER, permite uma discussão interdisciplinar que possibilita a avaliação das ligações econômicas, sociais, características físicas e biológicas de um sistema. É uma estrutura amplamente utilizada que consegue demonstrar relações de efeito



em sistemas humanos-ambientais (HOU et al., 2014; ROUSENVELL et al., 2010) e é considerada uma abordagem eficaz ligando a ciência à política (TSCHERNING et al., 2012).

Assim, foi possível investigar, não apenas o que os autores abordavam sobre biodiversidade na literatura de sustentabilidade urbana, mas, também discutir como outros temas podem contemplar a estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

**Figura 25.** Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.



Fonte: A autora, 2021.

Para a análise considerou-se ainda o impacto (I), O sistema pressão-estado-impacto-resposta é uma modificação desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente – PNUMA (2007) do modelo proposto pela OECD, no qual só havia as variáveis pressão-estado-resposta (PER), pois foi observado a necessidade de incorporar no modelo uma variável que diz respeito aos efeitos da degradação ambiental, ou seja, avaliar o impacto gerado pela urbanização e medir as consequências da degradação ambiental do homem em determinada localização.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Biodiversidade e Sustentabilidade urbana

Após a varredura da literatura sobre sustentabilidade urbana e biodiversidade na WOS, foi possível identificar as propostas de estudos de avaliação de sustentabilidade urbana presentes na literatura. A partir das análises dos documentos encontrados durante a busca bibliográfica, estabeleceu-se como os temas vem sendo abordado e como estes contribuem para a temática proposta. As diversas propostas identificadas foram agrupadas em nove diferentes clusters, com o auxílio dos softwares *CitNetExplorer* e *VOSviewer*. Esses clusters passaram a ser nomeados como: expansão urbana, áreas verdes urbanas, sustentabilidade e governança, uso e ocupação do solo, parques urbanos, ecologia urbana, desafios do paisagismo urbano, cidade e sociedade e jardins urbanos conforme Quadro 15.

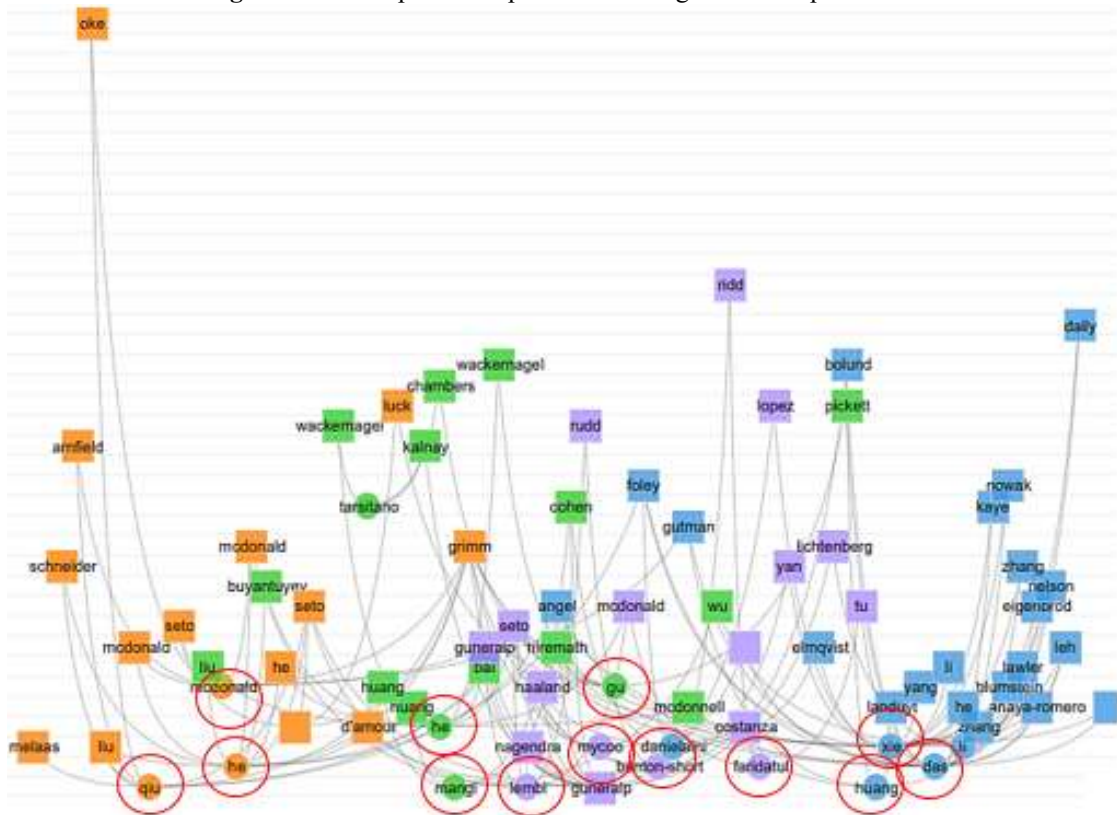
**Quadro 16.** Agrupamento dos artigos em clusters.

<b>Cluster 1</b>	<b>Expansão urbana:</b> Este grupo apresenta artigos que, na sua maioria abordam o impacto da expansão urbana sobre os recursos naturais.
<b>Cluster 2</b>	<b>Áreas verdes urbanas:</b> Neste grupo os trabalhos, tem, como foco a presença de áreas verdes em ambientes urbanos. Sendo os objetivos das pesquisas observar algumas características dessas áreas.
<b>Cluster 3</b>	<b>Sustentabilidade e governança:</b> Comporta trabalhos que desenvolvem o tema de sustentabilidade urbana com o olhar voltado para a inserção da sociedade na promoção de estratégias de conservação
<b>Cluster 4</b>	<b>Uso e ocupação da terra:</b> Ao se tratar de uso e ocupação da terra no contexto de sustentabilidade urbana existe diferentes enfoques na literatura, este grupo de artigos especificamente trata como as diferentes formas de ocupação da terra podem ser percebidas pela sociedade como formas de sustentáveis.
<b>Cluster 5</b>	<b>Parques urbanos:</b> Exemplos de indicadores observados nesse grupo são os parques urbanos como formas de chamar a atenção da sociedade para os benefícios da conservação, preservação e restauração.
<b>Cluster 6</b>	<b>Ecologia Urbana:</b> Diferentes definições de ecologia urbana na tentativa de esclarecer o conceito e apresentar perspectivas para compreender como a urbanização afetou o ecologia desses ambientes.
<b>Cluster 7</b>	<b>Desafios do Paisagismo urbano:</b> Neste cluster os trabalhos exploram como as preferências humanas por determinadas espécies de plantas desafia o paisagismo urbano para conservação da biodiversidade.
<b>Cluster 8</b>	<b>Cidade e sociedade:</b> Os estudos agrupados neste cluster tendem a uma investigação de como a sociedade percebe o meio ambiente urbano e avalia o entendimento da população sobre o conceito de sustentabilidade urbana.
<b>Cluster 9</b>	<b>Jardins Urbanos:</b> Trabalhos que identificam os jardins urbanos como fonte de informações sobre biodiversidade urbana da região, conforme as escolhas de cultivo da população

**Fonte:** A autora (2021).

A literatura descreve os modelos e frameworks de avaliação de sustentabilidade por meio de indicadores e como os indicadores passam a ser utilizados na avaliação de sustentabilidade urbana. Especificamente, esta seção busca cumprir com o primeiro objetivo específico proposto: identificar propostas de avaliação de sustentabilidade urbana presentes na literatura, sendo o agrupamento uma forma de facilitar a identificação das diferentes visões de mundo dentro da temática, conforme ilustrado pelo gráfico da Figura 26.

**Figura 26.** Exemplo de acoplamento bibliográfico com parte dos dados.

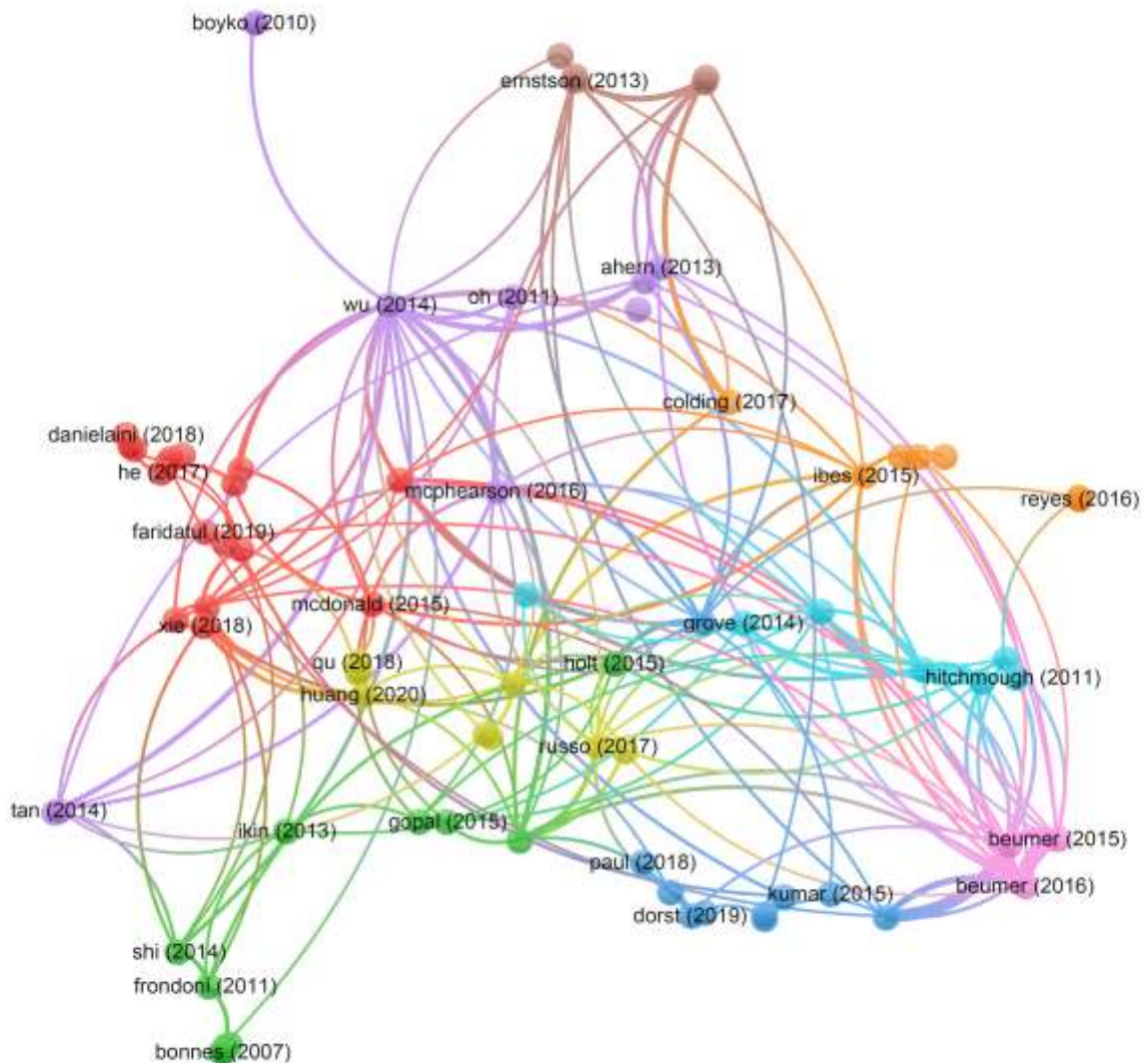


**Fonte:** A autora (2021).

No exemplo apresentado na Figura 26, com parte dos dados coletados, é possível observar que os trabalhos representados pelo nome dos autores no formato de círculo, pertencem ao mesmo grupo, ou aqui chamados de clusters. É possível observar na imagem, quatro clusters distintos, representados pelas cores laranja, verde, roxo e azul. Os trabalhos representados pelos nomes dos autores em formato de quadrado são as citações desses grupos.

Para a visualização do acoplamento bibliográfico, realizado por meio do programa VOSviewer, foi produzido o gráfico reproduzido pela Figura 27.

**Figura 27.** Mapa da rede de Acoplamento Bibliográfico.



**Fonte:** A autora (2021).

Os nós representam as publicações citantes. Os links representam os acoplamentos (apenas os 200 links mais fortes estão aparecendo). Analogia do link como uma mola entre duas publicações. Publicações fortemente acopladas tendem a ficar próximas uma da outra. Os clusters representam grupos de nós que estão mais conectados entre si do que com os demais nós.

Foi possível identificar, através dos clusters representados no Quadro 14, os temas mais estudados pelos autores e como estes associam a temática de sustentabilidade urbana e biodiversidade em seus trabalhos. Observa-se, que mesmo retratando informações em contextos diferentes, cada cluster representa possibilidades de obtenção de dados que levam a um entendimento de como e que informações considerar para avaliar a sustentabilidade, bem como a biodiversidade urbana. Exemplos de informações consideradas em contextos diferentes no

que se trata de sustentabilidade urbana foram, a qualidade da água, observada no cluster 1- Expansão urbana e cluster 4 – Uso e ocupação da terra. E informações referente ao plano diretor urbano, presente no clusteter 2 – Áreas verdes urbanas, no cluster 3 – Sustentabilidade e governança, no cluster 4 – Uso e ocupação da terra, e no cluster 6 – Ecologia urbana.

Partindo dessa análise, é possível visualizar, através dos clusters, o que vem sendo destacado na literatura e assim, utilizá-los como referência para a construção de sistemas de indicadores em novas pesquisas.

### 5.1.1 Cluster 1: Expansão urbana

Este grupo apresenta artigos que na sua maioria abordam o impacto da expansão urbana sobre o capital natural, conforme elencado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Trabalhos que compõem o grupo 1: expansão urbana.

		<b>(Continua)</b>
<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Mangi, Muhammad Yousif; Yue, Zhang; Kalwar, Saima; Lashari, Zulfiqar Ali	Comparative Analysis of Urban Development Trends of Beijing and Karachi Metropolitan Areas	2020
Danielaini, Titih Titisari; Maheshwari, Basant; Hagare, Dharmappa	Defining rural-urban interfaces for understanding ecohydrological processes in West Java, Indonesia: Part II. Its application to quantify rural-urban interface ecohydrology	2018
Gu, Qiwei; Wang, Hongqi; Zheng, Yinan; Zhu, Jingwen; Li, Xiaoke	Ecological footprint analysis for urban agglomeration sustainability in the middle stream of the Yangtze River	2015
He, Chunyang; Gao, Bin; Huang, Qingxu; Ma, Qun; Dou, Yinyin	Environmental degradation in the urban areas of China: Evidence from multi-source remote sensing data	2017
Tarsitano, Elvira	Interaction between the environment and animals in urban settings: Integrated and participatory planning	2016
Li, Feng; Liu, Hongxiao; Huisingh, Donald; Wang, Yutao; Wang, Rusong	Shifting to healthier cities with improved urban ecological infrastructure: From the perspectives of planning, implementation, governance and engineering	2017
Guneralp, Burak; Reba, Meredith; Hales, Billy U.; Wentz, Elizabeth A.; Seto, Karen C.	Trends in urban land expansion, density, and land transitions from 1970 to 2010: a global synthesis	2020
McManamay, Ryan A.; Nair, Sujithkumar Surendran; DeRolph, Christopher R.; Ruddell, Benjamin L.; Morton, April M.; Stewart, Robert N.; Troia, Matthew J.; Tran, Liem; Kim, Hyun; Bhaduri, Budhendra L.	US cities can manage national hydrology and biodiversity using local infrastructure policy	2017

**Fonte:** A autora (2021).

**Tabela 1.** Trabalhos que compõem o grupo 1: expansão urbana.

		<b>(Conclusão)</b>
<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
He, Chunyang; Liu, Zhifeng; Gou, Siyuan; Zhang, Qiaofeng; Zhang, Jinshui; Xu, Linlin	Detecting global urban expansion over the last three decades using a fully convolutional network	2019
Huang, Q., Liu, Z., He, C., Gou, S., Bai, Y., Wang, Y., & Shen, M.	The occupation of cropland by global urban expansion from 1992 to 2016 and its implications	2020
Qiu, Tong; Song, Conghe; Zhang, Yulong; Liu, Hongsheng; Vose, James M.	Urbanization and climate change jointly shift land surface phenology in the northern mid-latitude large cities	2020
Faridatul, Mst Ilme; Wu, Bo; Zhu, Xiaolin	Assessing long-term urban surface water changes using multi-year satellite images: A tale of two cities, Dhaka and Hong Kong	2019
Lembi, Rafael Cavalcanti; Cronemberger, Cecilia; Picharillo, Caroline; Koffler, Sheina; Albuquerque Sena, Pedro H.; Felappi, Jessica Francine; de Moraes, Alice Ramos; Arshad, Adnan; dos Santos, Jessie Pereira; Mansur, Andressa Vianna	Urban expansion in the Atlantic Forest: applying the Nature Futures Framework to develop a conceptual model and future scenarios	2020
Li, Cheng; Zhao, Jie; Nguyen Xuan Thin; Xi, Yantao	Assessment of the Effects of Urban Expansion on Terrestrial Carbon Storage: A Case Study in Xuzhou City, China	2018
Das, Manob; Das, Arijit	Dynamics of Urbanization and its impact on Urban Ecosystem Services (UESs): A study of a medium size town of West Bengal, Eastern India	2019
Xie, Wenxuan; Huang, Qingxu; He, Chunyang; Zhao, Xue	Projecting the impacts of urban expansion on simultaneous losses of ecosystem services: A case study in Beijing, China	2018
Benton-Short, Lisa; Keeley, Melissa; Rowland, Jennifer	Green infrastructure, green space, and sustainable urbanism: geography's important role	2019
McDonald, Robert I.	The effectiveness of conservation interventions to overcome the urban-environmental paradox	2015

**Fonte:** A autora (2021).

A degradação ambiental motivada pela urbanização crescente, ocasiona desequilíbrio no ecossistema e é um problema de âmbito global, que preocupa diversos segmentos da sociedade (MELLO; TRAJBER, 2007; MORAES; TUROLLA, 2004). O uso irracional dos recursos naturais remete à necessidade de conscientização em relação à importância desses recursos para todas as atividades humanas.

Neste contexto, a necessidade de olhar para os denominados “valores ambientais” é inevitável, visto que se diferenciam dos valores econômicos expressos monetariamente pela sociedade, por representarem e pertencerem ao conjunto valorativo humano ético-normativo, que tendem a mensurar os efeitos das alterações ambientais em todos os setores o que interfere diretamente no bem-estar do humano (AMAZONAS, 2009).

Lembi et al. (2020) desenvolveram um modelo conceitual para analisar a expansão urbana na Mata Atlântica. No estudo, o modelo para a construção da estrutura conceitual foi baseado no modelo PER – Pressão, Estado e Resposta, no qual, o crescimento econômico e populacional, são considerados os indicadores que impulsionam a expansão urbana. Esses fatores se traduzem em pressões sobre o meio ambiente. As pressões consideradas são a perda de ecossistemas naturais (por exemplo, florestas primárias, manguezais, pastagens de altitude) ligadas à criação e expansão de formas urbanas. Essa perda de ecossistemas naturais e o aumento dos ambientes urbanos podem alterar as características da paisagem, do microclima e a quantidade e qualidade dos ecossistemas naturais remanescentes. Os recursos são designados como 'estados', porque as mudanças neles resultam em impactos em diferentes dimensões.

Mangi et al. (2020) apresentam uma análise comparativa das tendências de desenvolvimento urbano das áreas metropolitanas de Pequim na China e Karachi no Paquistão. Os autores utilizaram para a análise, um sistema de indicadores de sustentabilidade urbana composto por 36 indicadores, Anexo 2, desenvolvidos com base nos aspectos sociais, econômicos e ambientais e com referências de dados de órgãos governamentais num período de seis anos. Os resultados revelaram que o progresso de desenvolvimento de Pequim é muito melhor do que Karachi, em termos de desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

O trabalho citado acima demonstrou uma forma prática para a utilização de indicadores de sustentabilidade urbana e de acordo com o propósito uma alternativa metodológica de coleta desses indicadores, que neste caso foi por meio de consulta de dados governamentais.

Danielaini, Maheshwari e Hagare (2018) chamam a atenção para a expansão urbana em relação a ecidrologia. O termo ecidrologia usado desde 1990 para descrever uma nova forma científica de gerenciar o ciclo da água para o uso sustentável da água pelas sociedades (ZALEWSKI et al., 2008). A metodologia proposta por Danielaini, Maheshwari e Hagare (2018) utilizou 11 variáveis socioeconômicas e espaciais (Tabela 2). que podem ser usadas para quantificar o estado ecidroológico do ambiente urbano, periurbano e rural.

**Tabela 2.** Variáveis socioeconômicas e espaciais usadas para quantificar estado ecohidrológico urbano.

<b>1</b>	<i>% Built-up área</i>
<b>2</b>	<i>Population density</i>
<b>3</b>	<i>% Population working in agriculture</i>
<b>4</b>	<i>Distance to city centre</i>
<b>5</b>	<i>Travel time to city centre</i>
<b>6</b>	<i>% Urban villages in a sub-district</i>
<b>7</b>	<i>Literacy rate</i>
<b>8</b>	<i>% Agricultural área</i>
<b>9</b>	<i>Poverty level</i>
<b>10</b>	<i>%forests, water bodies, semi natural area</i>
<b>11</b>	<i>Population size</i>

**Fonte:** Danielaini; Maheshwari; Hagare (2018).

A partir dessas variáveis foram identificados 6 indicadores relacionados a: distribuição espacial, biodiversidade e serviços ecossistêmicos, abastecimento de água, qualidade da água, capacidade de gestão da água, pressão das mudanças climáticas. Esses dados oportunizaram o desenvolvimento de um sistema denominado Índice de Estado Ecohidrológico que foi aplicado na região metropolitana de Cirebon, na Indonésia (DANIELAINI; MAHESHWARI; HAGARE, 2018).

Gu et al. (2015) reafirmam o que vem sendo discutido neste trabalho, que existem muitos métodos para avaliar a sustentabilidade urbana, entre esses métodos os autores enfatizam a análise da pegada ecológica. Diante da discussão realizada por meio de revisão de literatura, Gu et al. (2015) propõem uma pegada ecológica modificada com o objetivo de avaliar o nível de sustentabilidade em aglomerações urbanas próximas ao rio Yangtze na China.

Para esta avaliação, foram utilizados dados históricos de mudanças no uso da terra (mediante dados de imagens de satélite da área) entre os anos de 2000, 2005 e 2010; dados meteorológicos, incluindo a precipitação média anual e a temperatura média anual (por meio do Compartilhamento de Dados Meteorológicos da China) e; análise de dados socioeconômicos (coletados do banco de dados de anuários estatísticos da China). Assim, foi possível discutir sobre o índice de pressão da pegada ecológica nas aglomerações urbanas da área estudada (GU et al., 2015).

Na busca pelo entendimento das causas da expansão urbana, He et al. (2017) desenvolveram um índice de avaliação para o ambiente urbano combinando os dados de sensoriamento remoto da concentração de material particulado fino, temperatura da superfície da terra e cobertura vegetal. O objetivo dos autores foi desenvolver um modelo para avaliar as



mudanças causadas pela urbanização na China. Segundo os autores, o índice desenvolvido e denominado como, índice de avaliação abrangente fornece uma avaliação oportuna e confiável do ambiente urbano devido as seguintes vantagens: é desenvolvido com base em um quadro conceitual concreto, proposto pela Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, pode medir as mudanças ambientais urbanas de maneira econômica, espacialmente explícita e comparável, e após validação mostrou muita consistência (HE et al., 2017).

Tarsitano (2006) apresentou um estudo com uma perspectiva distinta sobre a expansão urbana e quais informações considerar. Para a autora, as cidades precisam de boa gestão de resíduos, água e ar, planejamento de tráfego eficaz e bom zoneamento de negócios, artesanato e serviços; mas, acima e além destas atividades, as cidades também precisam de planejamento para levar em conta a existência de animais de estimação (cães, gatos, etc.) e demais animais (insetos, pássaros, ratos, etc.). Da mesma forma, é preciso considerar todas as espécies de animais são forçadas a se adaptar a expansão urbana. Muitas vezes a urbanização impõem uma mudança de comportamento nas espécies de animais que vivem em cidades (TARSITANO, 2006). Discutindo acerca de modelos e ferramentas para avaliar e prever os impactos dos mecanismos socioeconômicos sobre a biodiversidade e os ecossistemas, a autora apresentou um plano de ação integrado e participativo em ambientes urbanos. O plano leva em conta aspectos de planejamento, gestão e controle. (ver Anexo 3).

Para Li et al. (2017), infraestrutura ecológica urbana é uma das discussões importantes para entender a perda de serviços ecossistêmicos no ambiente urbano. O objetivo do estudo foi apontar discussões acerca de temas que podem ser incorporados para melhorar a infraestrutura ecológica urbana. Os temas considerados pelos autores foram: (1) Da infraestrutura civil à infraestrutura ecológica: diagnósticos e remédios para doenças urbanas; (2) Experiências e lições internacionais em engenharia ecológica urbana “verde-azul” para desenvolver e fazer cumprir padrões para restauração de serviços ambientais naturais e sociais; (3) Implementação de gestão integrada de resíduos urbanos, políticas e instalações de reciclagem e tratamento; (4) Projetar e modificar superfícies impermeáveis urbanas por meio de engenharia ecológica; (5) Ecologia da aorta urbana, mobilidade ecológica e corredores habitáveis; (6) Critérios de projeto integrativo e casos de infraestrutura ecológica urbana gestão; (7) Os papéis da infraestrutura ecológica urbana em parques industriais e grupos industriais, Anexo 4 (LI et al., 2017).

A abordagem de Güneralp et al. (2020) chama a atenção para discussão entre a expansão física das áreas urbanas e a expansão da população das áreas urbana. No estudo, os autores conduziram uma síntese global das tendências na expansão do espaço urbano, nas densidades da população urbana e nas terras transformadas em urbanas de 1970 a 2010. Foi possível

observar que em alguns países ocorreu uma diminuição na densidade populacional, mas em contrapartida um aumento na expansão de áreas urbanas, uma das justificativas é devido ao fato de que, muitos dos centros urbanos de pequeno a médio porte estão expandindo sua área territorial mais rápido do que acontece o aumento da densidade populacional (GÜNERALP et al., 2020).

McManamay et al. (2017) investigaram o estresse causado pela expansão urbana na biodiversidade de córregos e a relação das alterações hidrológicas nos Estados Unidos. Os autores utilizaram de diversos dados, Anexo 5, para mapear a infraestrutura das cidades: Knoxville, Atlanta, Las Vegas, Phoenix, Tucson. Foi possível perceber que as infraestruturas das cidades influenciam nos habitats de peixes, mexilhões e crustáceos. Evidenciando uma contribuição para a extinção de algumas espécies.

Para He et al. (2019) a detecção efetiva da expansão urbana global é a base para a compreensão da sustentabilidade urbana. Os autores sugeriram então uma rede totalmente convulsional (FCN). O FCN é uma estrutura de aprendizagem profunda que emprega o reconhecimento de imagem 'pixel a pixel' modo desenvolvido por Long et al. (2015). A metodologia foi empregada para detectar a expansão urbana global de 1992 a 2016. A pesquisa destacou a integração de dados de sensoriamento remoto de múltiplas fontes e a combinação de recursos em várias escalas (HE et al., 2019).

Para além de entender a expansão urbana em grande escala no mundo todo, Huang et al. (2020) direcionaram a discussão da sua pesquisa para os impactos exercidos pela expansão urbana sobre as terras agrícolas e sua produtividade primária líquida. Segundo os autores, esse processo pode afetar a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável. Países da Ásia e da África, como China, Vietnã e Egito, no futuro devem equilibrar a expansão urbana com a proteção de áreas de cultivo, restringindo estritamente a ocupação de áreas de cultivo e encorajando o crescimento urbano inteligente (HUANG et al., 2020).

Qiu et al. (2020) partiram de uma investigação acerca da fenologia da superfície da terra e as alterações provocadas pela expansão urbana. A fenologia é um ramo da ecologia que descreve as mudanças do ciclo de vida das plantas e animais sob efeito do clima (ODUM; BARRETT, 2011). Mudanças da fenologia da superfície da terra têm efeitos em cascata sobre a produção de alimentos, sequestro de carbono, consumo de água, biodiversidade, e saúde pública (QIU et al., 2020).

A gestão dos recursos hídricos, de acordo com Faridatul, Wu e Zhu (2019), é importante para facilitar um ambiente habitável e para a sustentabilidade urbana. Vários fatores afetam os recursos hídricos, entre esses fatores a expansão urbana. A investigação sobre como a expansão

urbana pode impactar na gestão dos recursos hídricos, foi realizada por meio de imagens de satélite, para avaliar as mudanças nas águas superficiais em relação às estações, urbanização, cobertura do solo e topografia. Além disso, o estudo aplicou ferramentas geoestatísticas para avaliar a relação entre mudanças nas águas superficiais e os fatores determinantes, e comparou os resultados em duas cidades Dhaka (Bangladesh) e Hong Kong (FARIDATUL; WU; ZHU, 2019).

Li et al. (2018) analisaram os efeitos da expansão urbana sobre o armazenamento de carbono terrestre na cidade de Xuzhou, China durante 2000–2025. Através de um sistema computacional, denominado como modelo de celular autômato (CA), os autores simularam a expansão urbana futura e como as emissões podem evoluir e um cenário de proteção ecológica e planejamento ambiental. Os autores acreditam que a compreensão dos efeitos do ambiente urbano sobre a expansão no armazenamento de carbono pode apoiar o planejamento e gestão urbana.

O estudo de Das e Das (2019) se concentrou principalmente na avaliação da dinâmica da urbanização e seu impacto nos serviços do ecossistema urbano por meio do uso e cobertura do solo. Os dados foram obtidos a partir de sensoriamento remoto e tiveram a escala temporal de 1990 a 2017. O resultado mostrou que a área construída aumentou em 48% e terras agrícolas e vegetação diminuíram em 35% e 34% nos últimos 27 anos (DAS; DAS, 2019). Xie et al. (2018) também discutiram sobre os impactos da expansão urbana sobre os serviços ecossistêmicos. Neste estudo os autores tomaram Pequim como exemplo, e buscaram simular os impactos históricos e potenciais da expansão urbana nas perdas simultâneas dos principais serviços ecossistêmicos urbanos, concluindo que...

Benton-Shorta, Keeleya e Rowland (2019) apresentaram uma ampla revisão sobre infraestrutura verde em relação a sustentabilidade urbana. Foram identificadas quatro áreas nas quais podem ser correlacionar geografia e infraestrutura verde para compreender os processos de expansão urbana: 1) escala; 2) distribuição de mapeamento; 3) sensibilidade ao lugar e local; e 4) equidade e acesso.

McDonald (2015) apresenta discussão voltada para alternativas de conservação em meio a expansão urbana. O autor apresenta uma classificação tripla das intervenções de conservação nas cidades: a conservação na cidade (proteção da biodiversidade), conservação pela cidade (redução de recursos per capita e uso de energia) e conservação para cidades (projetos que mantêm ou melhoram os serviços ecossistêmicos).

## 5.1.2 Cluster 2: Áreas verdes urbanas

Neste grupo, os trabalhos têm como foco a presença de áreas verdes em ambientes urbanos. Sendo os objetivos das pesquisas, observar algumas características específicas dessas áreas, conforme Tabela 3.

**Tabela 3.** Trabalhos que compõem o grupo 2: áreas verdes urbanas.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Frondoni, Raffaella; Mollo, Barbara; Capotorti, Giulia	A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): Spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001	2011
Blasi, Carlo; Capotorti, Giulia; Marta, Miriam; Marchese, Marina	An integrated approach to better define the concept and functions of Urban Biosphere Reserves	2008
Shi, Peijun; Yu, Deyong	Assessing urban environmental resources and services of Shenzhen, China: A landscape-based approach for urban planning and sustainability	2014
Saldarriga	Greening Sydney: attitudes, barriers and opportunities for tree planting	2020
Bonnes, Mirilia; Uzzell, David; Carrus, Giuseppe; Kelay, Tanika	Inhabitants' and experts' assessments of environmental quality for urban sustainability	2007
Bernardini, C.; Irvine, K. N.	The 'nature' of urban sustainability: private or public greenspaces?	2007
Donevska, Natasha	Trade-offs in sustainable urban development: the case of Skopje	2017
Stoltz, Jonathan; Schaffer, Christina	Salutogenic Affordances and Sustainability: Multiple Benefits With Edible Forest Gardens in Urban Green Spaces	2018
Glennie	Growing Together: Community Coalescence and the Social Dimensions of Urban Sustainability	2020
De la larrera	Monitoring the Change in Urban Vegetation in 13 Chilean Cities Located in a Rainfall Gradient. What is the Contribution of the Widespread Creation of New Urban Parks?	2017
Ikin, Karen; Beaty, R. Matthew; Lindenmayer, David B.; Knight, Emma; Fischer, Joern; Manning, Adrian D.	Pocket parks in a compact city: how do birds respond to increasing residential density?	2013
Gopal, Divya; Nagendra, Harini; Manthey, Michael	Vegetation in Bangalore's Slums: Composition, Species Distribution, Density, Diversity, and History	2015
Nero, Bertrand Festus	Woody species and trait diversity-functional relations of green spaces in Kumasi, Ghana	2019

**Fonte:** A autora (2021).

Frequentemente utilizados pelos órgãos de planejamento municipal e no meio acadêmico para classificar a vegetação presente nas cidades, os termos áreas verdes, espaços/áreas livres, arborização urbana, verde urbano e cobertura vegetal, têm sido usados com o mesmo significado. No entanto, a maioria destes termos não é sinônimo, e não se refere aos mesmos elementos (LIMA et al., 1994). De acordo com a denominação estabelecida pela maioria dos trabalhos analisados e com a disponibilidade de dados apresentados por instituições que produzem indicadores de áreas verdes urbanas, para esta pesquisa adotou-se os termos citados acima como sinônimos.

Morero et al. (2007) definem as áreas verdes como locais onde predominam a vegetação arbórea, praças, jardins e parques, e sua distribuição deve servir a toda população, sem privilegiar qualquer classe social.

As áreas verdes urbanas absorvem as águas pluviais, removem os poluentes e microrganismos carreados juntamente, e que podem ocasionar desequilíbrios devido à sua patogenicidade. Estas áreas também são importantes fontes de matéria orgânica e nutrientes, colaboram assim, com o desenvolvimento do solo no local (WHATELY; HERCOWITZ, 2008). Essas características garantem o controle da erosão e sedimentos, de acordo com a cobertura florestal presente. O extrato arbóreo possibilita a fixação do solo e de nutrientes, por meio das raízes, ocasionando a estabilidade da camada de solo alocada. As folhas que se depositam no solo, são de vital importância para impedir que as águas pluviais carreguem nutrientes, extratos e sedimentos que possibilitem a erosão no local (WHATELY; HERCOWITZ, 2008).

A falta de consenso entre estes conceitos pode estar vinculada ao fato de a vegetação ser tratada sob diferentes perspectivas, seja de ciências como Geografia, Biologia, Agronomia, Arquitetura, Engenharia Florestal, ou no âmbito dos órgãos públicos responsáveis pela vegetação urbana (COSTA; COLESANTI, 2011). Essa falta de consonância, gera conflitos na avaliação da vegetação presente nas cidades e prejudica a comparação entre pesquisas realizadas. Por esse motivo, Cavalheiro (1999) já citava várias recomendações feitas no IV Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, em Porto Alegre/RS, que sugeria novos estudos com objetivo de padronizar o conceito e a metodologia utilizada para estabelecer índices de áreas verdes por habitante, bem como a relação da vegetação com as cidades brasileiras.

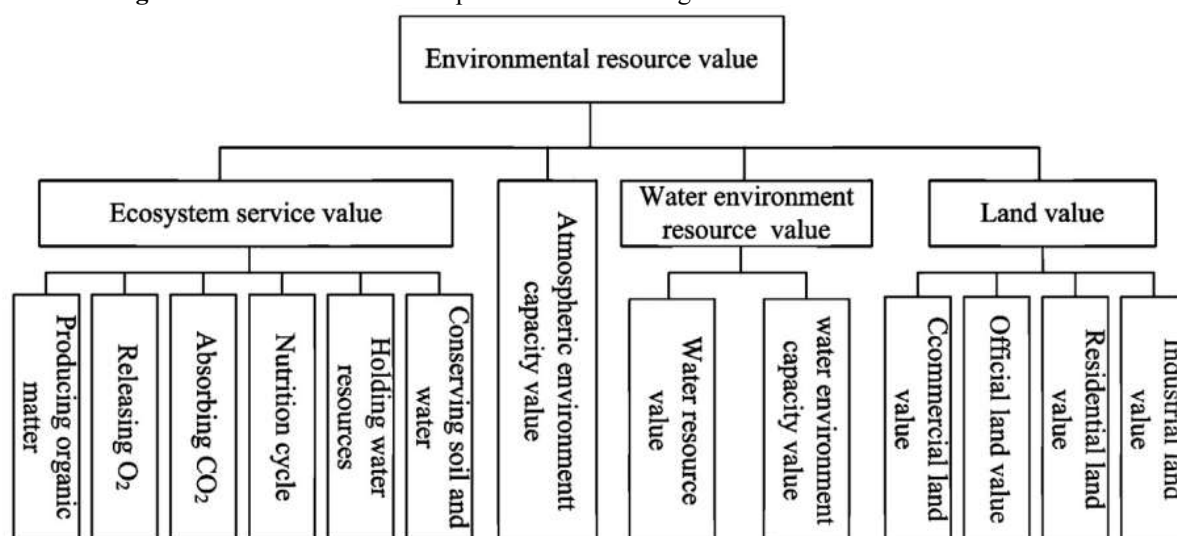
Frondoni, Mollo e Capotorti (2011) apresentaram uma análise da paisagem da mudança da cobertura do solo no Município de Roma de 1954 a 2001. O objetivo geral da análise foi caracterizar o padrão temporal e espacial de mudança e explorar seu potencial impacto ecológico. Entre as principais características levadas em conta para entender as mudanças da cobertura do solo na cidade e a relação ecológica dessas áreas verdes foram: artificialização e

impermeabilização do solo, impacto da agricultura no solo qualidade e conectividade ecológica, complexidade da composição e estrutura da vegetação.

Para Blasi et al. (2008) discutiram o conceito e as funções de Reservas da biosfera urbana. Uma Reserva da Biosfera pode ser entendida como uma área especialmente designada para aliar a conservação ambiental e o desenvolvimento humano sustentável. Neste contexto, para as áreas verdes são consideradas ferramentas potenciais para combater uma série de impactos em áreas urbanas, incluindo destruição e fragmentação do habitat, perda de biodiversidade, degradação da qualidade da água e erosão (SEARNS, 1995).

Shi e Yu (2014) desenvolveram uma estrutura para avaliação ambiental dos recursos da cidade de Shenzhen na China. Os autores propuseram uma metodologia para contabilização de recursos ambientais, que resultou em uma estrutura conceitual, Figura 28, para a contabilidade generalizada de recursos do ambiente, mostrando como os diferentes componentes são calculados e relacionados.

**Figura 28.** Estrutura conceitual para a contabilidade generalizada de recursos do ambiente.



Fonte: Shi; Yu (2014).

Para os autores, a estrutura pode ser utilizada como estratégia para a conservação da biodiversidade e manutenção da alta qualidade ambiental e ainda aplicada em outras regiões com rápida urbanização.

A determinação da vegetação presente nas áreas verdes urbanas, segundo Saldarriga et al. (2020), está ligada em parte pelas características socioeconômicas da população. O estudo demonstrou que em duas áreas com diferenças socioeconômicas na cidade de Sydney, na Austrália, as atitudes dos residentes, em relação às árvores, dependem muito da localização das

árvores. Árvores localizadas em terras privadas são preferidas pela estética e funcionalidade (por exemplo, beleza e privacidade), e as árvores são removidas se representarem uma ameaça à saúde ou à infraestrutura dos residentes. As árvores localizadas em terras públicas são apreciadas porque as pessoas preferem viver ao longo de uma rua arborizada, onde os valores estéticos e ambientais das árvores são primordiais. Essas atitudes relatadas, variam com a renda, educação e tipo de moradia. Os resultados deste estudo sugerem que os governos locais devem conhecer efetivamente as populações e seus níveis socioeconômicos diversos para implementar políticas e práticas de manejo da vegetação urbana (SALDARRIAGA, 2020).

Bonnes et al. (2007) também consideraram dados relacionados a população das cidades. Para os autores, no contexto do desenvolvimento urbano sustentável, é importante entender a percepção dos habitantes em relação aos recursos naturais urbanos. As avaliações de moradores, combinadas com as análises de especialistas, complementam discussões referentes a qualidade ambiental e a sustentabilidade urbana. Bernardini; Irvine (2007) também discutiram as áreas verdes urbanas, relacionando-as a percepção da população sobre essas áreas. Os autores defendem, que ter uma conexão com a natureza afeta positivamente as percepções de valor ecológico.

Donevska (2017) examina os desafios das cidades, especialmente nos países em desenvolvimento, no que diz respeito ao desenvolvimento urbano sustentável. Considerando a capital da Macedônia, Skopje, a autora destaca que muitas áreas verdes no centro da cidade foram destruídas para a construção de edifícios. Em resumo a autora reflete sobre a necessidade de um equilíbrio entre o desenvolvimento e o meio ambiente, notadamente desconsiderado nos processos de desenvolvimento e na construção do urbano.

A abordagem de Stoltz e Schaffer (2018), parte da ideia de que o desenvolvimento de estratégias eficientes de uso múltiplo para áreas urbanas, espaços verdes e infraestruturas, são de grande importância. Os autores discorrem sobre esses temas, para além de benefícios como, regulação do clima e da água, produção de alimentos e conservação da biodiversidade em espaços verdes urbanos. A pesquisa associa a perspectiva ambiental a resultados de pesquisas de saúde e bem-estar da população, sugerindo ligações entre a exposição a áreas verdes urbanas a redução do estresse psicológico, a promoção de atividade física aumentando a satisfação e até reduzindo a mortalidade.

Glennie (2020) destacou a necessidade de compreender os esforços das comunidades para proteger áreas urbanas. Para traçar as iniciativas da população envolvida com o processo de sustentabilidade urbana, a autora utilizou como metodologia entrevista com defensores de hortas comunitárias, formuladores de políticas e profissionais de desenvolvimento envolvidos

em atividades urbanas. O principal desafio observado foi a dificuldade de relacionar a sustentabilidade social e ambiental, visto que os benefícios sociais das áreas urbanas são frequentemente difíceis de medir. O estudo sugere novas discussões sobre os valores sociais das áreas verdes urbanas, visto que, ao mesmo tempo que esses valores são evidentes, é complexo demonstrar com dados quantitativos.

Para Barrera e Henríquez (2017), umas das alternativas mais utilizadas para promover a sustentabilidade urbana é a proteção das áreas verdes nas cidades por meio dos parques urbanos. Os autores afirmam que, na América Latina, em especial no Chile, os estímulos para o aumento da vegetação urbana não vêm acompanhado do desenvolvimento de programas de monitoramento. Desta forma, entende-se que é difícil afirmar se as iniciativas de aumento da vegetação urbana realmente tiveram efeitos positivos.

Neste contexto, Barrera e Henríquez (2017) propuseram o monitoramos da mudança da vegetação urbana em 13 cidades chilenas no período de 2000-2016. Através de dados de sensoriamento remoto, os autores quantificaram o número de parques urbanos existentes nas cidades no início do período de análise e quantos foram criados durante o período de estudo. Os autores destacam que a criação de parques urbanos não foi capaz de reverter tendências negativas, o que indica a prevalência de outros fatores de mudança que não são suficientemente compensados por iniciativas e regulamentações que buscam aumentar a vegetação urbana. Entre esses fatores, associa-se as injustiças ambientais que ainda existem em termos de acesso aos espaços verdes mal distribuídos.

Ikin et al. (2013) também apresentam as áreas verdes urbanas como potenciais para minimizar os impactos nas cidades. Como característica específica do estudo, os autores abordaram a presença de pássaros nessas áreas e verificaram que espaços verdes em bairros com menos terreno residencial, apresentaram maior variedade de espécies de pássaros. Para a pesquisa de Ikin et al. (2013) a presença de áreas verdes urbanas representou uma alternativa viável para a manutenção da biodiversidade de aves no ambiente urbano.

Corroborando com trabalhos que afirmam a importância das áreas verdes urbanas na atenuação dos impactos ambientais que ocorrem nas cidades, Gopal, Nagendra e Manthey (2015) conduzem um estudo que investigou a presença de áreas verdes no contexto de pobreza urbana, nas favelas da cidade de Bangalore, na Índia. O estudo analisou as áreas verdes de 44 favelas e constatou que a maioria das árvores presentes nessas áreas eram nativas da região. A densidade e diversidade de árvores foram menores nas favelas, quando comparadas aos bairros residenciais mais ricos. A diferença de densidade e diversidade entre as áreas é explicado pelas diferenças nas preferências de espécies. Nas favelas predominam plantas (erva, arbusto e



videiras) com uso econômico, alimentar, médico ou cultural, enquanto as espécies plantadas em áreas mais ricas são em grande parte ornamentais (GOPALL; NAGENDRA; MANTHEY, 2015). O estudo representa a necessidade e importância de se considerar o desenvolvimento histórico das regiões quando se propõem estudos de sustentabilidade urbana para explicar tais preferências.

Neste contexto, Nero (2019) demonstra que a paisagem em áreas verdes urbanas é moldada por filtros ambientais e sociais. O autor desenvolveu sua pesquisa na cidade de Kumasi, em Gana, e analisou cerca de 176 espécies de árvores de 46 famílias num comparativo entre áreas de floresta natural localizada na periferia da cidade, e áreas urbanas centrais, onde há a presença de parques públicos. Os resultados demonstraram que a riqueza de espécies nativas foi mais baixa na área urbana central e mais alta na área periférica da cidade.

### 5.1.3 Cluster 3: Sustentabilidade e governança

Comporta trabalhos que desenvolvem o tema de sustentabilidade urbana com o olhar voltado para a inserção da sociedade na promoção de estratégias de conservação, conforme elencado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Trabalhos que compõem o grupo 3: sustentabilidade e governança

<b>(Continua)</b>		
<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Jimenez, Marcela; Perez-Belmont, Patricia; Schewenius, Maria; Lerner, Amy M.; Mazari-Hiriart, Marisa	Assessing the historical adaptive cycles of an urban social-ecological system and its potential future resilience: the case of Xochimilco, Mexico City	2020
Rubio, M., Figueroa, F., & Zambrano, L.	Dissonant Views of Socioecological Problems: Local Perspectives and Conservation Policies in Xochimilco, Mexico	2020
Kumar, Praveen	Hydrocomplexity: Addressing water security and emergent environmental risks	2015
Kang, W., Chon, J., & Kim, G.	Urban Ecosystem Services: A Review of the Knowledge Components and Evolution in the 2010s	2020
Wang, Jingxia; Pauleit, Stephan; Banzhaf, Ellen	An Integrated Indicator Framework for the Assessment of Multifunctional Green Infrastructure-Exemplified in a European City	2019
Paul, S., & Bardhan, S	Biodiversity accounting of cities: a case study of kolkata, Índia	2018

**Fonte:** A autora (2021).

**Tabela 4.** Trabalhos que compõem o grupo 3: sustentabilidade e governança

		<b>(Conclusão)</b>
<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Brink, Ebba; Wamsler, Christine; Adolfsson, Maria; Axelsson, Monica; Beery, Thomas; Bjorn, Helena; Bramryd, Torleif; Ekelund, Nils; Jephson, Therese; Narvelo, Widar; Ness, Barry; Jonsson, K. Ingemar; Palo, Thomas; Sjeldrup, Magnus; Stalhammar, Sanna; Thiere, Geraldine	On the road to 'research municipalities': analysing transdisciplinarity in municipal ecosystem services and adaptation planning	2018
Soma, K., Dijkshoorn-Dekker, M. W. C., & Polman, N. B. P.	Stakeholder contributions through transitions towards urban sustainability	2018
Dorst, Hade; van der Jagt, Alexander; Raven, Rob; Runhaar, Hens	Urban greening through nature-based solutions - Key characteristics of an emerging concept	2019
Koefoed, Oleg	Urban nature as transformed practice - A case of multi-dimensional processing to increase public value in Copenhagen	2019
Afionis, S., Mkwambisi, D. D., & Dallimer, M.	Lack of Cross-Sector and Cross-Level Policy Coherence and Consistency Limits Urban Green Infrastructure Implementation in Malawi	2020

**Fonte:** A autora (2021).

Kumar (2015) ao abordar o tema hidrocomplexidade, enfatiza que para que a segurança da água seja garantida, é necessário prever os riscos de vulnerabilidade. Dessa forma, a hidrocomplexidade abrange soluções baseadas em infraestrutura rígida, combinadas com soluções baseadas em conhecimento de software, com o objetivo de fornecer uma estrutura conceitual e sintética que apoie soluções novas e abrangentes, permitindo uma ligação entre a nano escala de conhecimento e as suas possíveis consequências em escala planetária.

No contexto das metas internacionais de biodiversidade, Paul e Bardhan (2018) estudam o status da biodiversidade urbana da cidade de Calcutá comparando-o com uma autoavaliação periódica que é realizada. Com base nos resultados, os autores descrevem que Calcutá pode ser considerada “uma cidade marrom com fundo verde”. Esse título se deve à boa pontuação nos indicadores de biodiversidade nativa, contrariados pelo desmatamento, expansão urbana e introdução de espécies exóticas.

Rubio et al. (2020), ao se referirem à sustentabilidade urbana no contexto de governança, afirmam que a participação social na formulação e implementação de políticas de conservação, tem se tornado cada vez mais relevante. Os autores reconhecem que apesar da importância das perspectivas das comunidades locais na concepção e implementação de políticas de conservação, na prática esses mecanismos são deficientes. Neste sentido, os autores

examinaram algumas políticas de conservação na cidade do México, por meio de entrevistas. Os resultados mostraram que a maioria das políticas não atendem as percepções da comunidade, enfatizando, assim, a necessidade de desenvolver e avaliar políticas por meio de estratégias e processos participativos, que incluam todos os atores sociais envolvidos, principalmente aqueles que dependem diretamente dos ecossistemas.

Koefoed (2019) discute um caso em Copenhague, onde através da participação da sociedade, o objetivo tem sido criar uma colaboração ativa de atores envolvidos na melhoria da natureza urbana, fortalecer o diálogo entre proprietários de terras, órgãos públicos, pesquisa e empreendedorismo para abrir o caminho para ações colaborativas e desenvolver novos modelos para benefícios ecológicos e econômicos a longo prazo.

Jimenez et al. (2020), em um estudo de caso no Xochimilco, na Cidade do México, corroboram com a ideia de complexidade dos problemas urbanos e governança. As análises dos autores, demonstraram que é necessário um processo sistemático para ultrapassar as barreiras históricas para conciliar e discutir dados socioecológicos no ambiente urbano e assim conseguir abordar problemas de sustentabilidade urbana de forma resiliente.

No estudo de Afionis, Mkwambisi e Dallimer (2020), os autores enfatizam que é necessária uma integração entre as políticas públicas nacionais e as locais, para que sejam garantidas a coerência e consistência entre os setores e níveis de gestão. Além disso, essa integração poderia evitar que uma prejudique a eficácia da outra. Dessa forma, os autores avaliaram as políticas nacionais e municipais do Malawi, um dos países da África Subsaariana com rápido crescimento da urbanização, encontrando mínimas evidências da incorporação de espaços verdes urbanos e infraestrutura verde nas políticas nacionais, a exemplo do que já havia sido relatado por Donevska (2017) sobre a cidade de Skopje, capital da Macedônia.

Essa dificuldade, muitas vezes encontrada pelas diversas formas de governar ao lidar com a sustentabilidade, é discutida por Brink et al. (2018), a partir de perspectiva inter e transdisciplinariedade. Os autores apontam os órgãos governamentais como os principais vetores da conscientização da sustentabilidade para com a sociedade. O estudo resultou em um compilado de informações de como esse processo pode melhorar a discussão sobre sustentabilidade e o envolvimento da sociedade nas tomadas de decisão. Neste estudo, em especial, foram elencados três pontos importantes que relacionam governança e sustentabilidade: 1- apresentar de forma clara e explícita os propósitos que a sustentabilidade urbana busca; 2- os benefícios para as partes envolvidas e 3- a aprendizagem por meio de temas inter e transdisciplinares.

Wang, Pauleit e Banzhaf (2019) propuseram uma estrutura de indicadores integrados para a Avaliação de Infraestrutura Verde Multifuncional, a qual promove a evolução do conceito de Infraestrutura Verde e fornece artifícios para a avaliação de Infraestrutura verde, usando sensoriamento remoto e conjuntos de dados em diferentes escalas. A partir dessa estrutura, foi propuseram uma metodologia para essas avaliações que abordam a ecologia, socioeconomia, sociocultura e a saúde humana, para a sustentabilidade urbana e a multifuncionalidade da Infraestrutura Verde. Dessa forma, formuladores de políticas públicas e planejadores de Infraestrutura Verde, podem utilizar essa estrutura de indicador integrativa e essa metodologia de aplicação, como um suporte comum para um melhor entendimento entre cientistas e partes interessadas.

Dorst et al. (2019) trazem uma abordagem semelhante, abordando o conceito “*Nature-Based Solutions*” como intervenções que tratam simultaneamente questões de sustentabilidade social, econômica e ambiental. Essa abordagem multifuncional e orientada, pode ser utilizada por pesquisadores e formuladores de políticas, como ferramenta de discussão sobre o papel da natureza na abordagem de diferentes desafios relacionados à sustentabilidade.

Além disso, Kang, Chon e Kim (2020), por meio de revisão de literatura, examinaram as tendências e as lacunas na pesquisa e nos serviços ecossistêmicos urbanos, apresentando uma meta-análise computadorizada e atualizada dos serviços ecossistêmicos urbanos de 2010 a 2019, utilizando a abordagem de coocorrência de palavras-chave. Os resultados indicaram que serviços ecossistêmicos urbanos possuem uma relação intrínseca com a silvicultura urbana e que, dessa forma, o planejamento de políticas, precisa conter abordagens participativas das partes interessadas locais, design, desenvolvimento e, de preferência, gestão da silvicultura urbana.

Por fim, Soma, Dijkshoorn-Dekker e Polman (2018) discorrem sobre o envolvimento das partes interessadas e suas contribuições para as transições em direção ao aumento da sustentabilidade urbana. Para tanto, os autores realizaram uma revisão de literatura recente (2013–2016), constatando pelo menos 3 significados diferentes sobre as contribuições das partes interessadas em relação à sustentabilidade urbana: 1) iniciativas baseadas nas partes interessadas, 2) iniciativas baseadas no governo e 3) iniciativas baseadas na ciência. Essas 3 abordagens resultam em diferentes impactos sobre o papel das partes interessadas na sociedade.

## 5.1.4 Cluster 4: Uso e ocupação da terra

Ao se tratar de uso e ocupação da terra no contexto de sustentabilidade urbana, existe diferentes enfoques na literatura. Este grupo de artigos, especificamente, trata como as diferentes formas de ocupação da terra podem ser percebidas pela sociedade como formas de sustentáveis, conforme Tabela 5.

**Tabela 5.** Trabalhos que compõem o grupo 4: uso e ocupação da terra.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Kozak, Daniel; Henderson, Hayley; de Castro Mazarro, Alejandro; Rotbart, Demian; Aradas, Rodolfo	Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires	2020
Benchimol, Juliana Furlaneto; do Nascimento Lamano-Ferreira, Ana Paula; Ferreira, Mauricio Lamano; Philippi Cortese, Tatiana Tucunduva; Ramos, Heidy Rodriguez	Decentralized management of public squares in the city of Sao Paulo, Brazil: Implications for urban green spaces	2017
Riechers, Maraja; Barkmann, Jan; Tschardtke, Teja	Diverging perceptions by social groups on cultural ecosystem services provided by urban green	2018
Qu, Yi; Lu, Ming	Identifying conservation priorities and management strategies based on ecosystem services to improve urban sustainability in Harbin, China	2018
Huang, Q., Yin, D., He, C., Yan, J., Liu, Z., Meng, S., Ren, Q., Zhao, R. and Inostroza, L.	Linking ecosystem services and subjective well-being in rapidly urbanizing watersheds: Insights from a multilevel linear model	2020
Román-Guillén, L.M., Orantes-García, C., del Carpio-Penagos, C.U., Sánchez-Cortés, M.S., Ballinas-Aquino, M.L. and Farrera, S	Tree alignment diagnosis of the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas	2019
Mycoo, Michelle	Urban sustainability in Caribbean Small Island Developing States: a conceptual framework for urban planning using a case study of Trinidad	2018
Russo, Alessio; Escobedo, Francisco J.; Cirella, Giuseppe T.; Zerbe, Stefan	Edible green infrastructure: An approach and review of provisioning ecosystem services and disservices in urban environments	2017
Zasada, Ingo; Weltin, Meike; Zoll, Felix; Benninger, Siddhartha Lawrence	Home gardening practice in Pune (India), the role of communities, urban environment and the contribution to urban sustainability	2020
Salomon, M. J., S. J. Watts-Williams, M. J. McLaughlin, and T. R. Cavagnaro.	Urban soil health: A city-wide survey of chemical and biological properties of urban agriculture soils	2020

**Fonte:** A autora (2021).

Para Salomon et al. (2020), a agricultura urbana é um ótimo método para implementar estratégias de sustentabilidade urbana e fortalecer a promoção segurança alimentar. As suas conclusões basearam-se no estudo de agricultura urbana em doze diferentes locais na cidade de Adelaide, na Austrália. Análises que considerem a saúde do solo, por meio de informações com ênfase em fungos micorrízicos analisados quanto a produtos químicos e parâmetros biológicos, é pioneiro na região na avaliação da sustentabilidade urbana.

Zasada et al. (2020) corroboram com a ideia de que a agricultura urbana é considerada uma estratégia emergente para o desenvolvimento urbano sustentável, uma vez que aborda um amplo conjunto de objetivos ambientais, econômicos e sociais. A ocupação da terra para esses autores através da jardinagem doméstica representa uma forma comum de agricultura urbana. As escolhas dos moradores de áreas urbanas em relação aos seus jardins são determinantes para entender se existe um padrão para essa dinâmica. Para entender esse processo, o estudo investigou em que medida as práticas de jardinagem doméstica em ambientes residenciais urbanos contribuem para a sustentabilidade urbana. Os detalhes avaliados vão desde as situações socioeconômicas, motivação, conhecimento ambiental e renda da família, concluindo que conservar e construir hortas caseiras pode contribuir para a sustentabilidade urbana e deve, portanto, ser considerado no planejamento, projeto e gestão de espaços urbanos. (ZASADA et al., 2020).

No trabalho de Russo et al. (2017), por exemplo, a leitura sobre agricultura urbana perpassa pela análise do papel das práticas agrícolas intensivas focadas em fornecimento de alimentos aos habitantes dessas áreas. O objetivo dos autores foi de aumentar a conscientização e enfatizar a lacuna de conhecimento sobre a importância do abastecimento urbano a partir da implementação de uma infraestrutura verde comestível.

Outra perspectiva para a sustentabilidade urbana é a observada por Kozak et al. (2020). Os autores fazem um apanhado acerca das abordagens convencionais de drenagem de águas pluviais que historicamente se baseiam na ideia de que essas sejam deslocadas, rápido e mais longe possível da cidade. Entretanto, uma alternativa proposta pelo estudo é replicar mecanismos naturais de absorção e retenção, com o objetivo de atender às necessidades de drenagem pluvial mais perto do local de origem, discutindo assim a relação da qualidade da água e a sua importância para as diferentes formas de vidas nas cidades, assim como para a manutenção da biodiversidade.

Benchimol et al. (2017) avaliaram a contribuição de praças na gestão pública e na sustentabilidade urbana. Durante o estudo, os autores analisaram a gestão de praças de 31 regiões da capital paulista. Na avaliação foi observado que o modelo de gestão descentralizada,

dificulta a padronização desses espaços e que algumas praças cumprem apenas o papel social, não apresentando cobertura vegetal. Na conclusão, os autores ressaltaram a necessidade de se fazer um plano de gestão centralizado com o objetivo de promover uma gestão mais eficiente das praças já existentes e orientar a criação de novos espaços, principalmente nas áreas mais carentes da cidade.

De acordo com Huang et al. (2020), a rápida urbanização de bacias hidrográficas está relacionada com conflitos socioeconômicos e com a proteção ecológica. Os autores afirmam que, compreender a relação entre serviços ecossistêmicos e o bem-estar da população é importante para sustentabilidade da região. Com o intuito de avaliar essa relação, os autores utilizaram uma Modelagem estatística multinível de modelo linear para analisar a influência dos serviços ecossistêmicos regionais e as características individuais no bem-estar da população. A partir das avaliações, observaram que populações rurais e de baixa renda são as mais afetadas com a rápida urbanização de bacias hidrográficas, principalmente no que se refere ao saneamento básico e ao acesso direto a água. Com os resultados, os autores destacaram a importância da criação de políticas públicas para garantir a urbanização e a preservação da sustentabilidade regional (HUANG et al., 2020).

O estudo realizado por Román-Guillén et al. (2019) avaliou a sustentabilidade urbana a partir de um diagnóstico estatístico, com análises de condições físicas e sanitárias de árvores inseridas no meio urbano e seus arredores. Com isso, observaram que a maioria das árvores apresentou condições físicas e sanitárias razoáveis ou boas, sendo os danos mais frequentes, as condições de calçadas, raízes expostas e interferência na fiação aérea. Os autores ressaltaram que para assegurar a capacidade de prestação de serviços ambientais e garantir sua sustentabilidade, é necessário incorporar programas de manejo integrado de arborização urbana em nível municipal. Por fim, o estudo destaca que nas cidades, os danos causados à natureza devido à urbanização mal planejada e ao rápido crescimento populacional são mais evidentes.

Em um estudo de caso no Caribe, Mycoo (2018) investigou os conflitos de desenvolvimento econômico e a sustentabilidade urbana. Com a pesquisa, a autora descobriu que a urbanização foi regulamentada de forma inadequada. Apesar da existência de uma infinidade de dispositivos legais, planos e políticas urbanas, notou-se o desinteresse político para alcançar a sustentabilidade urbana. Isso resultou em danos ao ecossistema, perdas econômicas e comprometimento do bem-estar humano. A autora concluiu que o planejamento urbano precisa de uma estrutura conceitual voltada para a sustentabilidade local, além de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento sustentável.

Qu e Lu (2018) propuseram uma estrutura abrangente para identificar as prioridades de conservação de serviços ecossistêmicos e estratégias de gestão associadas às áreas de urbanização e de desenvolvimento agrícola. De acordo com os autores, identificar essas prioridades de conservação e aplicar estratégias de gestão foram consideradas métodos eficazes para mitigar a degradação dos ecossistemas. Para o desenvolvimento da estrutura, foram elencados 10 indicadores de serviços ecossistêmicos, dentro de uma metodologia de planejamento de conservação, a fim de identificar as prioridades de conservação. A partir disso, as prioridades foram agrupadas usando um método de agrupamento K-means, com o objetivo de identificar o serviço ecossistêmico dominante por localidade, antes de formar estratégias de gestão. Foram identificadas efetivamente, 12 prioridades para melhor representar as metas de conservação. Essas 12 prioridades apresentaram cobertura de aproximadamente 25,16% da área de estudo. As 12 prioridades foram reunidas em cinco grupos diferentes, o que, segundo os autores, auxiliou na definição de estratégias de gestão. Na conclusão, Qu e Lu (2018) afirmam que o método proposto permite que planos de conservação e manejo se adaptem facilmente a uma ampla variedade de metas de conservação e sustentabilidade dentro de áreas urbanas e agrícolas.

Riechers, Barkmann e Tschardtke (2018) analisaram percepções dos serviços do ecossistema cultural, fornecidos por espaços verdes urbanos na cidade de Berlim, com base em questionário. Como ferramenta de análise, os autores usaram uma amostragem por conglomerado proporcional e focada em declarações sobre a percepção da importância de serviços ecossistêmicos culturais. Os resultados mostraram que a percepção da importância dos serviços ecossistêmicos culturais foi influenciada por fatores espaciais e sociais: os habitantes mais velhos, que vivem em áreas periurbanas, preferem serviços de ecossistema cultural relacionados às experiências da natureza. Moradores mais jovens, do centro da cidade, tendem a preferir serviços de ecossistemas culturais que facilitam interações sociais. Essas percepções divergentes, devem ser levadas em consideração no desenvolvimento urbano e em estratégias para criar um planejamento socialmente justo e sustentável em face das mudanças ambientais globais. Com isso, Riechers, Barkmann e Tschardtke (2018), concluíram que a estrutura de serviços ecossistêmicos pode ser uma ferramenta para facilitar um processo de planejamento mais participativo para encontrar soluções relacionadas aos desafios da sustentabilidade urbana.



## 5.1.5 Cluster 5: Parques urbanos

Nesse grupo, são tratados temas relacionados aos parques urbanos, seus benefícios da conservação, preservação e restauração, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Trabalhos que compõem o grupo 5: parques urbanos.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
McPhearson, Timon; Kremer, Peleg; Hamstead, Zoe A.	Mapping ecosystem services in New York City: Applying a social-ecological approach in urban vacant land	2013
Hazell, E. C	Disaggregating Ecosystem Benefits: An Integrated Environmental-Deprivation Index	2020
Holt, A. R., Mears, M., Maltby, L., & Warren, P.	Understanding spatial patterns in the production of multiple urban ecosystem services	2015
Ibes, Dorothy C.	A multi-dimensional classification and equity analysis of an urban park system: A novel methodology and case study application	2015
Reyes, Rodolfo; Bustamante, Waldo; Gironas, Jorge; Pasten, Pablo A.; Rojas, Victoria; Suarez, Francisco; Vera, Sergio; Victorero, Felipe; Bonilla, Carlos A.	Effect of substrate depth and roof layers on green roof temperature and water requirements in a semi-arid climate	2016
Schebella, M. F.; Weber, D.; Schultz, L.; Weinstein, P.	In Pursuit of Urban Sustainability: Predicting Public Perceptions of Park Biodiversity Using Simple Assessment Tools	2019
Krawczyk, Anna; Domagala-Swiatkiewicz, Iwona; Lis-Krzyscin, Agnieszka	The effect of substrate on growth and nutritional status of native xerothermic species grown in extensive green roof technology	2017
Fabre, Pauline; Prevot, Anne-Caroline; Semal, Luc	The Greater Paris, a sustainable city? Limits for urban biodiversity in emblematic metropolis plan	2016
Bell, Sian; Graham, Hilary; White, Piran C. L.	Evaluating Dual Ecological and Well-Being Benefits from an Urban Restoration Project	2020

**Fonte:** A autora (2021).

Para Ibes (2015), os estudos sobre sustentabilidade urbana, no recorte de parques urbanos, permitem uma classificação de espaço público por parte dos gestores das cidades. A exemplo do estudo que analisou parques na cidade de Phoenix, no Arizona – EUA, a pesquisa comparou características sociais da vizinhança. Através do estudo de caso, foi apresentada uma análise de classificação entre os parques urbanos da cidade. Os resultados revelaram cinco tipos distintos de parque em Phoenix - parques de amenidades suburbanos, miniparques verdes, reservas nativas do deserto, parques de vizinhança verde, e Urban Core Parks. Cada um

exibindo uma combinação única de características físicas, espaciais, de cobertura do solo e de construção. A análise da equidade, destaca as áreas prioritárias para melhorias do parque, potenciais preocupações com a equidade e fenômenos para pesquisas futuras. Os resultados são apresentados à luz de pesquisas anteriores e sustentam que as pesquisas são bases para políticas, planejamento e gestão de parques urbanos sustentáveis e justos.

Bell et al. (2020) destaca a discussão na literatura de sustentabilidade urbana sobre a ideia de que a restauração pode apoiar a sustentabilidade das cidades, e assim melhorar a saúde ecológica desses espaços e os benefícios públicos que fornecem. Entretanto, os autores destacam que os estudos publicados, raramente combinam essas duas perspectivas. Para a análise deste contexto, os autores avaliaram os benefícios ecológicos e sociais de um projeto de restauração de rio urbano em relação a um rio não restaurado. Para essa análise, foram considerados quatro princípios: Aumentar a integridade ecológica; beneficiando e engajando a sociedade; levar em consideração o passado e o futuro; e sustentabilidade. A saúde ecológica em cada local, foi avaliada a partir de amostras de macroinvertebrados. Os benefícios sociais foram medidos por meio de entrevistas com grupos de frequentadores de espaços verdes em torno dos dois rios. Os resultados indicam que embora as melhorias ecológicas de curto prazo possam ser pequenas, elas têm o potencial de fornecer uma série de benefícios para as populações humanas (BELL et al., 2020).

Falar de restauração, de conservação ou de preservação, é pensar em estratégias para aumentar a apreciação da biodiversidade pela sociedade. Segundo Schebella et al. (2019) é necessário desenvolver a percepção da sociedade para um olhar mais profundo sobre a biodiversidade. Os autores entendem que a visão da sociedade infelizmente é limitada e demonstra a disparidade que existe entre as percepções do público e as avaliações de especialistas sobre a biodiversidade.

Para aumentar a compreensão dessa disparidade e para fornecer uma visão que influencie as percepções dos leigos sobre a biodiversidade, questionários sobre o estado do ambiente, como estimativas de cobertura vegetal e riqueza de espécies de pássaros, foram usados para examinar os atributos de 134 áreas urbanas australianas (SCHEBELLA et al., 2019).

McPhearson; Kremer; Hamstead (2013) desenvolveram uma metodologia para avaliação do potencial de provisão de serviços ecossistêmicos em terrenos baldios da cidade de Nova York. Um conjunto de indicadores selecionados na literatura, Anexo 6, foram utilizados para a análise. Os resultados identificados, sustentaram a hipótese de que terrenos baldios nas cidades estão fornecendo serviços ecossistêmicos significativos para os residentes, incluindo

mitigação de águas pluviais, remoção de poluição do ar, carbono sequestro e armazenamento, produção de alimentos, espaço para recreação, e habitat para a biodiversidade.

Hazell (2020) buscou compreender através de uma abordagem da paisagem urbana, como a população se beneficia dos serviços ecossistêmicos. Por meio de um índice composto, baseado em dez critérios escolhidos para caracterizar a qualidade ambiental, Figura 29, a autora pôde identificar populações potencialmente vulneráveis na cidade de Toronto, Canadá. A abordagem visou fornecer uma ferramenta de planejamento flexível e intuitiva que pode ajudar a atingir metas relacionadas à sustentabilidade urbana, resiliência e equidade.

**Figura 29.** Variáveis para considerar qualidade ambiental.

Attributes (a)	Standardized Variable (b)	Transformation (c)	Weight (d)
Tree Canopy	Proportion of Tree Canopy Cover (%)	Maximization	9%
Grass/Shrubs/Bare Earth	Proportion of Grass/Shrub/Earth Cover (%)	Maximization	8%
Natural Areas/City Parks	Proportion of Natural Cover/Parks (%)	Maximization	25%
Green Roofs	Distance to Green Roof Area (m)	Minimization	8%
Population Density	People/sq.km.	Minimization	12%
Major Roads	Density of Major Roads (km/sq.km)	Minimization	5%
Building Height	Average Building Height (m)	Minimization	8%
Elevation	Average Elevation (m)	Minimization	5%
Slope	Average Slope (% change)	Maximization	10%
Aspect	Average Aspect (degrees) *	Maximization	10%

Fonte: Hazell, 2020.

Holt et al. (2015) também abordou a temática de serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos, mas com o objetivo de compreender os padrões espaciais de produção dos serviços ecossistêmicos urbanos na cidade de Sheffield, no Reino Unido. Através do mapeamento espacial das áreas verdes, os autores identificaram potencial para projetar cidades para promover pontos de produção de serviços ecossistêmicos. Um conjunto de dados foi elencado, com os principais pontos a serem levados em conta em investimentos de projetos de sustentabilidade urbana para os pontos identificados. São eles: redução da poluição do ar pela vegetação, mitigação do efeito da ilha de calor pela vegetação, redução de escoamento de águas pluviais através da retenção nos solos e pela vegetação, armazenamento de carbono em solos e vegetação, serviços ecossistêmicos recreação e relaxamento em espaço verde, e a provisão de habitat para a flora e a fauna.

A abordagem de Reyes et al. (2016) é direcionada para os benefícios que podem ser obtidos nos ambientes urbanos com a construção dos telhados verdes. Segundo os autores, na literatura científica é possível observar pesquisas da repercussão de telhados verdes, principalmente em ambientes úmidos, não havendo muitas tentativas da implementação dos

mesmos em regiões de clima semiárido. A fim de examinar e avaliar o desempenho de telhados verdes em clima semiárido, os autores propuseram 11 modelos de telhados verdes que foram monitorados por um ano. Diferentes foram as profundidades dos substratos implantados nos modelos de telhados verdes, assim as condições de retenção de água, amplitude térmica e desenvolvimento das plantas também foram diferentes.

Os telhados com profundidade de substrato inferior a 10cm, foram considerados improváveis de serem recomendados em climas áridos ou semiáridos. Consequentemente, um design adequado é crucial ao usar este tipo de tecnologia em climas semiáridos. Os resultados deste estudo devem ser considerados em futuros projetos de telhado verde para fazer uma melhor seleção da camada do telhado verde e da profundidade do substrato. Isso é crucial para assegurar a gestão sustentável da água em ambientes urbanos em climas semiáridos (REYES et al., 2016).

Krawczyk, Domagała-Świątkiewicz e Lis-Krzyścin (2017) também discutiram a popularidade dos telhados verdes como contribuição para sustentabilidade urbana. As autoras destacam que na Polônia, país onde o estudo foi realizado, os objetivos dos telhados verdes são: criar espaço verde adicional em áreas urbanas densas e aumentar a biodiversidade de plantas. Na busca por reutilizar resíduos disponíveis localmente, as autoras simularam telhados verdes que foram testados em escala piloto, dentro de contêineres. O objetivo foi comparar o desenvolvimento de plantas no substrato adquirido comercialmente com o substrato composto por resíduos de sílica (de fábricas de ferro-silício em operação), resíduos de tijolo, areia, sujeira do solo e composto urbano.

Foi observado um aumento significativo no teor de matéria orgânica em ambos os substratos testados e o estado nutricional da planta foi semelhante em termos de macronutrientes, independentemente do substrato utilizado. Sendo possível afirmar que a utilização de substrato de resíduos na cidade de Cracóvia pode ser um importante aliado para a sustentabilidade urbana, já que pode ser usado com sucesso para espécies nativas (KRAWCZYK; DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ; LIS-KRZYŚCIN, 2017).

Por fim, Fabre, Prévot e Semal (2016) apresentam uma discussão sobre o projeto Grande Paris, lançado em 2007, que apresenta Paris como a cidade sustentável do amanhã. Os autores questionam os critérios de sustentabilidade que acompanham esta afirmação, baseando-se na análise de conteúdo de textos vinculados ao projeto e na análise de entrevistas que foram realizadas com os atores-chave do projeto. Uma das principais observações apontadas pelos autores é a aparente preocupação com o lugar da natureza na cidade, ou a biodiversidade urbana,

parecer ter sido pouco considerada pelo projeto. Estudos como este, demonstram a importância que deve ser dada aos critérios utilizados para denominar sustentabilidade urbana.

### 5.1.6 Cluster 6: Ecologia Urbana

Ecologia urbana é um conceito com diversas definições e perspectivas, conforme Tabela 7. Para esta pesquisa tratou-se ecologia urbana, a partir da definição de ecologia, que de acordo com Odum (1988) é o estudo do ambiente natural e as interações dos organismos entre si e entre o meio. Desta forma, a ecologia urbana discutida neste cluster aborda as relações entre os seres de uma área urbana e suas interações com o meio ambiente.

**Tabela 7.** Trabalhos que compõem o grupo 6: ecologia urbana.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
O'Donoghue, Alexandra; Shackleton, Charlie M.	Current and potential carbon stocks of trees in urban parking lots in towns of the Eastern Cape, South Africa	2013
Ahern, Jack; Cilliers, Sarel; Niemela, Jari	The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation	2014
Oh, Kyushik; Lee, Dongwoo; Park, Changsug	Urban Ecological Network Planning for Sustainable Landscape Management	2011
Ahern, Jack	Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design	2013
Wu, Jianguo	Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions	2014
Boyko, C.T., Gaterell, M.R., Barber, A.R., Brown, J., Bryson, J.R., Butler, D., Caputo, S., Caserio, M., Coles, R., Cooper, R. and Davies, G., McPhearson, Timon; Pickett, Steward T. A.; Grimm, Nancy B.; Niemela, Jari; Alberti, Marina; Elmqvist, Thomas; Weber, Christiane; Haase, Dagmar; Breuste, Juergen; Qureshi, Salman	Using future scenarios to test the robustness of today's sustainability decisions in urban areas: a methodology paper	2010
Tan, Puay Yok; Hamid, Abdul Rahim bin Abdul	Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities	2016
Tan, Puay Yok; Hamid, Abdul Rahim bin Abdul	Urban ecological research in Singapore and its relevance to the advancement of urban ecology and sustainability	2014
Ferreira, A.E.D.M. and Vieira, I.C.G	Urban sustainability in the metropolitan region of Santarem, Para, Brazil in the years 2000 and 2010	2018

**Fonte:** A autora (2021).

O'Donoghue (2013) aponta a ecologização de estacionamentos de shopping centers como uma estratégia potencialmente importante para contribuir para o desenvolvimento urbano. Além de proporcionar a ecologia urbana, a arborização dos espaços de estacionamento de shoppings centers na África do Sul, é vista pelo autor como um esforço de mitigação de carbono, melhoramento da estética e uma forma de oferecer experiências relacionadas à biodiversidade urbana pelos consumidores. Vinte e oito estacionamentos de shopping centers em seis centros urbanos de Eastern Cape, na África do sul, foram amostrados para determinar a composição das espécies de árvores, densidade e sequestro anual de carbono. Desta forma, pode-se dizer que as árvores foram, para este estudo, indicadores para demonstrar que a diferença entre a densidade das árvores pode determinar os estoques de carbono (O'DONOGHUE, 2013).

Wolf (2009) mostrou que os consumidores estão significativamente mais dispostos a pagar pelo estacionamento em áreas com árvores, e passar períodos mais longos em shoppings, onde os estacionamentos têm árvores em relação àqueles, nos quais não há árvores. Isso provavelmente resulta em aumento do volume de negócios para os pontos de venda e assim estende os benefícios de ter árvores em estacionamento para além dos benefícios primeiramente econômicos para também os benefícios ecológicos (O'DONOGHUE, 2013).

Wu et al. (2014) discute um diagrama conceitual que ilustra as relações entre a biodiversidade, os processos do ecossistema (ou funções do ecossistema), os serviços do ecossistema e o bem-estar humano em paisagens urbanas. Segundo os autores, todos os componentes e seus relacionamentos são profundamente influenciados pela velocidade e padrão espaço-temporal da urbanização. Isso é impulsionado, principalmente, por processos socioeconômicos. Assim, entendendo e melhorando a ecologia e a sustentabilidade das paisagens urbanas e regiões, não se deve apenas considerar como a urbanização afeta estes componentes-chave, mas também como seus relacionamentos mudam com o tempo. O bem-estar humano é o foco principal para projetos de sustentabilidade urbana, enquanto os estudos ecológicos urbanos costumam focar na biodiversidade, ecologia processos e serviços ecossistêmicos. Em qualquer caso, as conexões entre os principais componentes e suas ligações entre escalas espaciais (paisagem-região-globo) e temporais (ano-década-século) devem ser tidos em consideração.

McPhearson et al. (2016) corroboram com os estudos de ecologia urbana e enfatizam o tema como um campo que abrange várias disciplinas e aplicações práticas que tem crescido rapidamente. No entanto, o campo é heterogêneo como uma investigação global com múltiplas estruturas teóricas e conceituais. No estudo, os autores apresentam um consenso internacional

sobre como a ecologia urbana pode avançar ao longo de múltiplas direções de pesquisa. Há potencial para o campo amadurecer como uma ciência holística e integrada de sistemas urbanos. Uma ciência tão integrada, segundo o estudo, pode informar melhor os tomadores de decisão que precisam de maior compreensão das relações complexas entre as áreas sociais, ecológicas, econômicas e construídas.

Para Ahern (2013) cinco estratégias para construir capacidade de resiliência e colaboração transdisciplinar devem ser consideradas: biodiversidade; redes ecológicas urbanas e conectividade; multifuncionalidade; redundância e modularização, design adaptativo. A partir dessas estratégias, o autor defende que será possível explorar o conceito de design adaptativo, como um meio de envolver ecologistas paisagistas com planejadores, designers, interessados e tomadores de decisão em um processo transdisciplinar, no qual os planos urbanos e os projetos são concebidos e entendidos como experimentos com mais chances de serem modelos de sucesso (AHERN, 2013).

O envolvimento de pesquisadores, tomadores de decisão e sociedade, segundo Ahern, Cilliers e Niemela (2014), proporcionam avanços significativos no que diz respeito a sustentabilidade urbana. Neste contexto, os autores propõem integrar a ciência, a prática profissional e a participação das partes interessadas, Anexo 7.

Como parte do projeto de pesquisa, intitulado Futuros Urbanos, Boyko et al. (2010) desenvolveram um modelo de avaliação possível de ser utilizado para avaliar cenários em qualquer contexto urbano e em qualquer escala relevante para aquele contexto. Dois componentes principais constituem o modelo: uma série de indicadores que compreendem indicadores genéricos e tópicos específicos de área (por exemplo, qualidade do ar, biodiversidade, densidade, água) que medem o desempenho de sustentabilidade, Anexo 8, e uma lista, Anexo 9, de características (declarações de sentenças sobre um recurso, problema ou pequeno conjunto de problemas) que descrevem quatro cenários futuros de uma perspectiva do Reino Unido. Quando combinados, esses dois componentes permitem medir o desempenho de indicadores de sustentabilidade e estabelecer a sensibilidade relativa ou vulnerabilidade desse indicador para os diferentes cenários futuros (BOYKO et al., 2010).

Ferreira e Vieira (2018) também utilizaram um Sistema de Índices de Sustentabilidade Urbana, composto por três índices: o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) e; o Índice de Capacidade Político-institucional (ICP). Somados, os índices contam com 10 indicadores e 19 variáveis, Anexo 10. O principal objetivo das autoras foi identificar o panorama da Sustentabilidade na Região Metropolitana de Santarém, estado do Pará, Brasil, para os anos de 2000 e 2010.

Tan e Hamid (2014) à luz das mudanças drásticas no ambiente natural de Cingapura, desde o início dos assentamentos registrados, apresentam as condições climáticas equatoriais, a evolução da urbanização e as condições sócio-políticas do país, como oportunidades para compreender como a urbanização afetou a ecologia da cidade.

O estudo sobre a ecologia urbana apresentado pelos autores, elencou alguns dados de acordo com os fatores de estado de um ecossistema urbano e a interação entre estes, como exemplo, clima urbano, tipo de solo urbano, flora urbana, fauna urbana, biogeoquímica urbana e características sociais urbanas, Anexo 11.

Oh; Lee; Park (2011) discutiram a utilização de uma estrutura ecológica na análise da sustentabilidade urbana. A metodologia da estrutura ecológica no planejamento urbano enfatiza a importância dos espaços abertos e verdes como parte de sistemas interconectados que são protegidos e manejados para os benefícios ecológicos que provém. O modelo de estrutura ecológica aborda que as áreas verdes urbanas devem ser, portanto, ativamente protegidas, manejadas e se necessário restauradas (OH; LEE; PARK, 2011).

#### 5.1.7 Cluster 7: Desafios do Paisagismo Urbano

Neste cluster, os trabalhos exploram como as preferências humanas por determinadas espécies de plantas, desafiam o paisagismo urbano para conservação da biodiversidade.

Tabela 8.

**Tabela 8.** Trabalhos que compõem o grupo 7: paisagismo urbano.

		<b>(Continua)</b>
<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Hitchmough, James	Exotic plants and plantings in the sustainable, designed urban landscape	2011
Vila-Ruiz, Cristina P.; Melendez-Ackerman, Elvia; Santiago-Bartolomei, Raul; Garcia-Montiel, Diana; Lastra, Lourdes; Figuerola, Cielo E.; Fumero-Caban, Jose	Plant species richness and abundance in residential yards across a tropical watershed: implications for urban sustainability	2014
Melendez-Ackerman, Elvia J.; Nytech, Christopher J.; Santiago-Acevedo, Luis E.; Verdejo-Ortiz, Julio C.; Santiago-Bartolomei, Raul; Ramos-Santiago, Luis E.; Munoz-Erickson, Tischa A.	Synthesis of Household Yard Area Dynamics in the City of San Juan Using Multi-Scalar Social-Ecological Perspectives	2016

**Fonte:** A autora (2021).



**Tabela 9.** Trabalhos que compõem o grupo 7: paisagismo urbano.

		<b>(Conclusão)</b>
Schneider, Anne-Katrin; Strohbach, Michael W.; App, Mario; Schroeder, Boris	The 'GartenApp': Assessing and Communicating the Ecological Potential of Private Gardens	2020
Grove, J. Morgan; Locke, Dexter H.; O'Neil-Dunne, Jarlath P. M.	An Ecology of Prestige in New York City: Examining the Relationships Among Population Density, Socio-economic Status, Group Identity, and Residential Canopy Cover	2014
Katti, M., Jones, A. R., Özgöç Çağlar, D., Delcore, H. D., & Kar Gupta, K.	The Influence of Structural Conditions and Cultural Inertia on Water Usage and Landscape Decision-Making in a California Metropolitan Area	2017
Goodness, Julie	Urban landscaping choices and people's selection of plant traits in Cape Town, South Africa	2018

**Fonte:** A autora (2021).

Vila-Ruiz (2014) trazem o debate em relação a grande quantidade de espécies de plantas que são introduzidas em ambientes urbanos e que podem representar um desafio em termos de implementação da conservação de plantas. As evidências são apontadas, através de dados que demonstraram que os pátios residenciais recebem uma quantidade desproporcional de espécies introduzidas (69,5%). Ou seja, plantas não nativas da região. Dentre essas espécies de plantas, as mais comuns são arbustos ornamentais não nativos e encontravam-se normalmente na parte frontal dos pátios residências, enquanto nos quintais, ou jardins, atrás das casas, hospedam-se plantas alimentícias (VILA-RUIZ, 2014).

A grande quantidade de espécies exóticas introduzidas pode representar um desafio em termos de implementação da conservação de plantas nativas, por outro lado, a alta frequência de pátios, contendo alimentos, podem facilitar o desenvolvimento de iniciativas residenciais que podem fornecer capacidade adaptativa futura à escassez de alimentos (VILA-RUIZ, 2014). No que se refere a introdução de espécies exóticas, Hitchmough (2011) também já havia descrito essa iniciativa como desafiadora, mesmo quando o plantio sustentável implicar positivamente na capacidade de sequestro de carbono, apoiar a biodiversidade, e desempenhar um papel positivo na percepção humana de paisagens projetadas, mesmo assim, o autor considera a inserção de plantas exóticas nos jardins urbanos, como incompatível com as noções de sustentabilidade urbana.

Corroborando com a discussão de que os jardins residenciais podem conter grande parte das informações sobre a biodiversidade e a sustentabilidade do ambiente urbano, Schneider et al. (2020) desenvolveram um aplicativo para a cidade de Braunschweig, na Alemanha, denominado de 'GartenApp' (aplicativo de jardim). Os usuários do aplicativo devem delinear

seu jardim em um mapa da web e fornecer informações sobre recursos relacionados à biodiversidade e práticas de gerenciamento. A partir disso, estes são questionados sobre observações de espécies bem reconhecíveis em seus jardins. Como contrapartida, os usuários do aplicativo recebem dicas sobre como melhorar seus jardins e qual é o papel dos jardins residenciais na rede verde da cidade.

Meléndez-Ackerman et al. (2016) discutem sobre como o discurso da sustentabilidade urbana promove o aumento do uso de infraestrutura verde. Neste contexto, todos os espaços verdes urbanos, incluindo aqueles em escala familiar, são avaliados por suas contribuições potenciais para o funcionamento socioecológico de uma cidade e benefícios associados para o bem-estar humano. Para a cidade de San Juan, Porto Rico, os principais fatores elencados pelos autores para serem considerados são: perfil da população em relação a variáveis socioeconômicas das famílias (gênero, estado civil, proprietário ou locatário do imóvel, idade, nível de formação e renda familiar) e variáveis relacionadas a manutenção dos espaços verdes residenciais (uso de fertilizantes, uso de pesticidas, frequência de irrigação e se ocorre contratação de mão de obra terceirizada para a manutenção) (MELÉNDEZ-ACKERMAN et al., 2016).

Grove, Locke e O’Neil-Dunne (2014) também apresentam dados relevantes para a análise da identidade do paisagismo urbano para a cidade de Nova York. Entre as teorias discutidas pelos autores para explicar a distribuição desigual da vegetação em áreas residenciais urbanas, estão: densidade populacional, estratificação social, efeito de luxo e ecologia de prestígio. Esses dois últimos referem-se a diferença social e condição econômica observada em regiões demográficas específicas, o que corresponde a grupos sociais que entendem o paisagismo apenas como estético, optando por uma arborização “bonita” não considerando benefícios ambientais das áreas e os processos ecológicos das plantas (GROVE; LOCKE; O’NEIL-DUNNE, 2014).

Katti et al. (2017) também consideraram avaliar as decisões da população em relação as suas preferências por determinadas paisagens para discutir o papel do paisagismo urbano. Segundo os autores, a complexidade dos comportamentos individuais da sociedade, particularidades de bairros e comunidades individuais no estudo realizado na Califórnia, representa desafios para os órgãos públicos de implementarem políticas sustentáveis.

Goodness (2018) corrobora com a discussão, reafirmando que as pessoas são um fator-chave na formação da composição ecológica das cidades, principalmente por meio de ações e escolhas de paisagismo. A autora explora os fatores sociais que moldam a seleção de plantas na

Cidade do Cabo, África do Sul, por meio de entrevistas com a comunidade local e responsáveis pela gestão e paisagismo.

A população citou uma variedade de razões para a seleção de plantas na escala doméstica relacionada às características das plantas, incluindo estética, utilidade (por exemplo, fornecimento de alimentos), capacidade de adequação ambiental e significados simbólicos pessoais. Os gerentes de parques selecionam pela adequação ecológica, bem como pela estética, gestores de conservação selecionam principalmente pela integridade ecológica. Todas as partes interessadas descrevem fatores em outras escalas (por exemplo, estrutura de propriedade, políticas governamentais) que influenciam sua seleção de plantas (GOODNESS, 2018).

Por fim Goodness (2018) sugere que esforços políticos podem se concentrar em estudar modelos que complementem as escolhas pessoais da população com as necessidades dos espaços públicos abertos a fim de servir como uma fonte de diversidade de características, variedade de funções e serviços ecossistêmicos na paisagem urbana.

#### 5.1.8 Cluster 8: Cidade e Sociedade

Os estudos agrupados neste cluster tendem a uma investigação de como a sociedade percebe o meio ambiente urbano e avalia o entendimento da população sobre o conceito de sustentabilidade urbana. Conforme Tabela 9.

**Tabela 9.** Trabalhos que compõem o grupo 8: cidade e sociedade.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Laage-Thomsen, J., & Blok, A.	Civic modes of greening the city? Urban natures in-between familiar engagement and green critique	2020
Ernstson, H., & Sörlin, S.	Ecosystem services as technology of globalization: On articulating values in urban nature	2013
Masnavi, M. R., Tasa, H., Ghobadi, M., Farzad Behtash, M. R., & Negin Taji, S.	Restoration and Reclamation of the River Valleys' Landscape Structure for Urban Sustainability using FAHP Process, the Case of Northern Tehran-Iran	2016
Erixon Aalto, H., Marcus, L., & Torsvall, J.	Towards a Social-Ecological Urbanism: Co-Producing Knowledge through Design in the Albano Resilient Campus Project in Stockholm	2018
Arreaza, M. H. L.	Urban roads and social metabolism: a sustainable development strategy for san juan, puerto rico	2017

**Fonte:** A autora (2021).

Laage-Thomsen e Blok (2020) representa muito bem este grupo e a visão de mundo que ele representa. O autor expõe a ideia de fenômeno de "comunidades verdes" na forma de hortas urbanas, apicultura, coletivos de alimentos, aumento da biodiversidade, plantio de árvores e práticas afins de grupos de cidadãos voltados para o verde urbano. O objetivo do estudo é, desta forma, sondar as grandes variações nos modos de engajamento cívico com políticas de sustentabilidade. O estudo permitiu explorar as lacunas conceituais abertas entre políticas de estilo de vida cotidianas, movimentos sociais verdes e políticas urbanas neoliberais.

De forma empírica, o estudo buscou re-conceituar os principais padrões e as diferenças nos modos de política urbana-verde, no nível das práticas diárias dos cidadãos e os estilos de interação nas comunidades verdes urbanas. Para Laage-Thomsen e Blok, (2020), a sustentabilidade urbana pode se dar através da identificação de práticas, baseadas nas atividades dos cidadãos para deixar a cidade mais verde. Para os autores, atividades que vão desde a relação das pessoas com a natureza, como a apreciação dos recursos naturais, até o ato de cultivar um jardim sustentável, são atividades que fazem parte de compromissos mais amplos com a conservação da biodiversidade e sua importância no ambiente urbano.

Para Ernstson e Sörlin, S. (2013) a cidade e sociedade foram discutidas na perspectiva monetária, ou seja, como os serviços ecossistêmicos podem ser vistos e estudados como uma prática social de articulação de valor. Com isso, quando os serviços ecossistêmicos aparecem como objetos de valor calculado na tomada de decisão, estes já estão contaminados pelo social e não podem ser vistos como mero reflexo de uma realidade biofísica objetiva.

O trabalho de Erixon et al. (2018), quando discutido pela ótica de se pensar em cidade e sociedade como um único processo para se chegar à sustentabilidade urbana, volta o olhar para a abordagem colaborativa que os diversos setores da sociedade podem promover para o ambiente urbano. Os autores defendem a ideia de integrar o conhecimento de diferentes profissionais, como forma de se obter respostas mais assertivas, sejam esses com pensamentos da ecologia ou sociologia.

Arreaza (2017) explora a relação entre as vias urbanas e os processos sócio metabólicos e padrões de sistemas naturais. A discussão em torno da construção de ruas em ambientes urbanos destaca que as áreas perdem sua função metabólica à medida que as plantações desaparecem no processo de urbanização de ruas. A autora destaca a importância da infraestrutura urbana levar em consideração os processos ecológicos e o metabolismo urbano.

Os trabalhos deste grupo deixam claro que cidade e sociedade estão intimamente ligadas aos temas ambientais com implicações diretas sobre a sustentabilidade urbana. Sendo assim, Masnavi et al. (2016) examinaram a estrutura da paisagem do norte de Teerã, capital do Iran, e

os fatores influentes que desempenham um papel na paisagem dos vales dos rios. Para os autores, a pesquisa mostrou que a alteração nas estruturas ambientais (cobertura vegetal, microclima, infraestruturas urbanas, hidrologia) vem com maior importância na formação das mudanças existentes.

#### 5.1.9 Cluster 9: Jardins Urbanos

Trabalhos que identificam os jardins urbanos como fonte de informações sobre biodiversidade urbana da região, conforme as escolhas de cultivo da população, Tabela 10.

A abordagem da biodiversidade no contexto de sustentabilidade urbana é direcionada, também para um recorte de jardins urbanos, onde a diversidade de espécies é conduzida de acordo com preferências humanas. Beumer et al. (2016) afirma que os projetos de jardins residenciais são muitas vezes guiados pela estética e facilidade, muito mais do que pelo objetivo de criar habitat e diversidade biológica. Neste sentido, os autores discutem sobre as decisões de gestão de jardins urbanos e suas implicações, como por exemplo, através de padrões de irrigação, fertilização ou o uso de pesticidas ou pela escolha de espécies exóticas que podem se tornar invasoras com o tempo. As decisões de gerenciamento de quintal também podem influenciar positivamente a presença de polinizadores, melhorar a qualidade do solo ou até mesmo promover habitats da vida selvagem, espécies maiores que em pequena escala podem funcionar como uma etapa ecológica de equilíbrio (BEUMER et al, 2016).

**Tabela 10.** Trabalhos que compõem o grupo 9: jardins urbanos.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Beumer, Carijn; Martens, Pim	BIMBY's first steps: a pilot study on the contribution of residential front-yards in Phoenix and Maastricht to biodiversity, ecosystem services and urban sustainability	2016
Beumer, Carijn; Martens, Pim	Biodiversity in my (back)yard: towards a framework for citizen engagement in exploring biodiversity and ecosystem services in residential gardens	2015
Beumer, Carijn	Show me your garden and I will tell you how sustainable you are: Dutch citizens' perspectives on conserving biodiversity and promoting a sustainable urban living environment through domestic gardening	2018
Beumer, Carijn	Sustopia or Cosmopolis? A Critical Reflection on the Sustainable City	2017

**Fonte:** A autora (2021).

A principal discussão do trabalho de Baumer et al. (2016) é a utilização de um projeto piloto de análise da biodiversidade e serviços ecossistêmicos no ambiente urbano utilizando de

uma estrutura de indicadores denominada de BIMBY. O BIMBY foi proposto por Beumer et al. (2015), Anexo 12, com o intuito de promover um diálogo sobre o papel potencial das hortas domésticas para a melhoria da infraestrutura verde e a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos em e além das áreas urbanas.

A observação, bem como a descrição do ambiente e das espécies ali presentes, é o principal norte da pesquisa. Comparado os jardins urbanos de duas cidades diferentes, os autores concluíram que os bairros com baixo status socioeconômico contribuíram menos para a biodiversidade. Curiosamente, embora os bairros médios, em ambas as cidades não pontuassem melhor em sua contribuição para a biodiversidade e sustentabilidade, estes mostraram maior diversidade em seu design de jardim, plantação, manutenção e estilos de uso no nível de vizinhança. No geral, os bairros contribuíram para a biodiversidade em muito diferentes formas e estilos que podem estar relacionados à sua história, design dominante, social conformação e o status socioeconômico da vizinhança (BEUMER et al., 2015).

Beumer (2017) discute sobre o conceito de cidade sustentável e oferece uma reflexão crítica através da análise de teorias históricas e contemporâneas sobre a relação do ambiente urbano e as pessoas, juntamente com a discussão das propostas de projetos atuais de cidades sustentáveis. O principal objetivo da pesquisa da autora foi apresentar uma análise para auxiliar o processo de conceituação significativa de cidade sustentável.

Neste contexto, a discussão sobre cidades sustentáveis é observada novamente no trabalho de Beumer (2018). O objetivo da pesquisa foi de obter uma melhor visão sobre a forma como os jardins domésticos holandeses contribuem para a sustentabilidade urbana e a conservação da biodiversidade. Por meio de entrevistas com a população a autora discutiu os principais interesses da população e como a comunidade contribuí com as ações em prol do meio ambiente. Os resultados foram discutidos no contexto das metas globais para cidades sustentáveis e biodiversidade, conforme refletido pelas metas de Aichi e as Metas de Desenvolvimento Sustentável (BEUMER, 2018).

#### 5.1.10 Análises das publicações

Após a análise de todos os grupos, pode-se perceber que na sua maioria, o agrupamento teve pertinência e todos estes “conversavam” entre si e se complementam, de forma que a distribuição dos trabalhos se mostrou interdependente. Dois trabalhos, do total de 88 documentos, não foram agrupados em nenhum dos nove clusters sendo estes apresentados no Quadro 16.

**Quadro 17.** Trabalhos não agrupados.

<b>1</b>	<p><b>Autor:</b> Culshaw &amp; Price., 2011</p> <p><b>Título:</b> The contribution of urban geology to the development, regeneration and conservation of cities</p>
<b>2</b>	<p><b>Autor:</b> Haberl et al., 2014</p> <p><b>Título:</b> Finite land resources and competition</p>

**Fonte:** a Autora (2021).

Culshaw e Price (2011) destacam a geologia urbana e sua relação com o planejamento e uso da terra. Para os autores, houve uma evolução de conjuntos de dados espaciais de tema único para resultados multi-temáticos e multidimensionais para uso de uma ampla gama de usuários. Esse avanço, destacado na geologia, em especial a geologia urbana, defende que a valoração deste tema pelos tomadores de decisões pode ajudar o desenvolvimento urbano, regeneração e conservação. Ou seja, as autoridades municipais precisam ter acesso a essas informações, a esses dados de geoinformação como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade urbana.

Outro ponto levantado pelo estudo é a utilização da geologia urbana de forma inter e transdisciplinar entre as áreas de conhecimento. Os autores sugerem que o valor da geologia urbana ainda não é totalmente reconhecido por aqueles que fazem a gestão das cidades (CULSHAW; PRICE, 2011).

O trabalho de Haberl et al. (2014) também discute aspectos sobre o uso e ocupação da terra. Para os autores, o aumento da demanda por produtos de base terrestre (alimentos, rações, fibras e bioenergia), bem como a conservação de florestas e o processo de sequestro de carbono, criaram competição crescente pela terra. A competição pelo uso da terra tem muitos motivadores e assume diferentes formas e pode ter implicações significativas para os ecossistemas, bem como para o bem-estar social.

Em especial, o estudo enfatiza três tipos principais de competição pelo uso da terra: produção versus produção (por exemplo, alimentos versus combustível), produção versus conservação (por exemplo, produção de alimentos versus conservação) e ambiente construído versus produção ou conservação (por exemplo, alimentos versus urbanos). A análise das trajetórias de longo prazo, sugere que a competição pelo uso da terra é susceptível de se intensificar no futuro de médio a longo prazo, principalmente em face da esperada escassez no fornecimento de recursos (por exemplo, em termos de recursos limitados, como combustíveis

fósseis), políticas de mitigação e adaptação relacionadas às mudanças climáticas, bem como às mudanças climáticas impactos e pressões demográficas. Por fim, o estudo termina com uma discussão sobre as principais lacunas das pesquisas sobre uso e ocupação da terra e descreve tópicos de pesquisa prioritários, incluindo a análise aprimorada de interdependências de sistemas de terra e energia, "arquitetura de terra" (ou seja, o significado conjunto de configurações espaciais) e modelos multiescala para avaliar as conexões e impactos locais-globais (HABERL et al., 2014).

Essas discussões levam à interpretação de que ambos os trabalhos poderiam estar agrupados ao tema quatro, uso e ocupação da terra, pois discutem alternativas e motivações de estudos de como o uso e ocupação da terra pode determinar sustentabilidade urbana. Respeitando o algoritmo do software, que não agrupou estes trabalhos em nenhum grupo, decidimos mantê-los na análise paralela aos clusters. Essa discussão enfatiza que o agrupamento dos trabalhos foi uma forma de facilitar a interpretação e as análises, apresentando pertinência no agrupamento, porém a agregação dos conceitos não impede a interação entre os grupos de trabalhos.

Neste sentido, foi possível observar que trabalhos que não estavam agrupados por tema são trabalhos mais citados quando se busca por estudos de sustentabilidade urbana e biodiversidade. Conforme Tabela 11, com destaque para a ordem cronológica de publicação, seguido de informações dos autores, clusters e número de citações.

**Tabela 11.** Seleção dos dez artigos mais citados na base WOS.

<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>	<b>Cluster</b>	<b>(Continua) Nº de citações</b>
A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): Spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001	2011	Frondoni, Raffaella; Mollo, Barbara; Capotorti, Giulia	Áreas verdes urbanas	88
Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design	2013	Ahern, Jack	Ecologia Urbana	194
Mapping ecosystem services in New York City: Applying a social-ecological approach in urban vacant land	2013	McPhearson, Timon; Kremer, Peleg; Hamstead, Zoe A.	Parques urbanos	72

**Fonte:** A autora (2021).



**Tabela 11.** Seleção dos dez artigos mais citados na base WOS.

				<b>(Conclusão)</b>
<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>	<b>Cluster</b>	<b>Nº de citações</b>
Ecosystem services as technology of globalization: On articulating values in urban nature	2013	Ernstson, H., & Sörlin, S.	Cidade e Sociedade	64
Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions	2014	Wu, Jianguo	Ecologia Urbana	284
The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation	2014	Ahern, Jack; Cilliers, Sarel; Niemela, Jari	Ecologia Urbana	139
An Ecology of Prestige in New York City: Examining the Relationships Among Population Density, Socio-economic Status, Group Identity, and Residential Canopy Cover	2014	Grove, J. Morgan; Locke, Dexter H.; O'Neil-Dunne, Jarlath P. M	Desafios do paisagismo urbano	80
A multi-dimensional classification and equity analysis of an urban park system: A novel methodology and case study application	2015	Ibes, Dorothy C.	Parques urbanos	43
Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities	2016	McPhearson, Timon; Pickett, Steward T. A.; Grimm, Nancy B.; Niemela, Jari; Alberti, Marina; Elmqvist, Thomas; Weber, Christiane; Haase, Dagmar; Breuste, Juergen; Qureshi, Salman	Ecologia Urbana	143
Environmental degradation in the urban areas of China: Evidence from multi-source remote sensing data	2017	He, Chunyang; Gao, Bin; Huang, Qingxu; Ma, Qun; Dou, Yinyin	Expansão urbana	43

**Fonte:** A autora (2021).

O número de citação é considerado como um indicador dentro da literatura científica, sendo considerado um indicador do processo de compartilhamento de conhecimento, importância e visibilidade. E é usado na gestão e avaliação de pesquisas (COLLEDGE et al., 2010; NOMALER; VERSPAGEN, 2008; VIEIRA, 2013). Entretanto, cabe salientar o fato de a qualidade científica ser um conceito bastante amplo e multidimensional, não podendo ser mensurado e caracterizado apenas com a análise de citações (VIEIRA, 2013).

Sendo assim, essa visão de quantas vezes os trabalhos foram citados por qualquer trabalho indexado na Web of Science, demonstra ainda pertinência do tema quanto atualidade ao mesmo tempo que ao olhar para os diferentes temas que os trabalhos mais citados abordam. Pode-se ainda inferir, que são trabalhos interdisciplinares. Corroborando com essa ideia, Moran (2011) considera a relevância da análise em multiescalas em estudos interdisciplinares dos

sistemas homem-ambiente. Fernandes e Philippi Jr. (2017) sustentam, também, que o campo de pesquisa sobre sustentabilidade é naturalmente interdisciplinar, sendo uma ponte entre disciplinas que convergem para resolver problemas complexos.

Para além dos números de citações, a análise consiste na observação de que dentro da temática de sustentabilidade urbana e biodiversidade, a ecologia urbana se destaca entre os principais trabalhos. Nota-se assim, que existe uma preocupação entre os trabalhos analisados e os que referenciam os mesmos, em relação a essa interação entre as pessoas e o meio ambiente urbano. Pode-se dizer que essa tendência temática, observada na Tabela 11, aponta que dentro dos nove clusters principais, existe um caminho metodológico para o entendimento da biodiversidade, dentro do contexto de sustentabilidade urbana. Esse caminho, vai da ecologia urbana, áreas verdes urbanas, desafios do paisagismo urbano, parques urbanos, cidade e sociedade e expansão urbana. Dentro deste contexto, as inferências para esta análise apontam que os trabalhos mais citados se relacionam entre si, por meio da aproximação da abordagem.

Observa-se que na literatura sobre sustentabilidade urbana e biodiversidade, os trabalhos mais citados são os que discutem a preocupação com a ecologia do ambiente urbano. A partir dessa observação e da perspectiva analítica, é possível inferir que a urbanização vem sendo responsável pela pressão em sistemas naturais.

Para Ahern (2013); Ahern; Cilliers; Niemela (2014); McPhearson et al. (2016) e Wu (2014), a dinâmica das cidades é muito estudada e reconhecida por processos e efeitos sobre a biodiversidade. Os processos ecológicos e os serviços ecossistêmico, entretanto, não são possíveis de prever ou controlar, assim como não são facilmente mensuráveis as pressões ocasionadas pelo sistema urbano. Desta forma, o desafio é alinhar estudos que orientem na direção do conhecimento ecológico urbano, baseados em princípios de sustentabilidade.

Frondoni, Mollo e Capotorti, (2011) inventariam o efeito da urbanização sobre as áreas verdes, através da análise do padrão temporal e espacial de mudança na cobertura do solo. Os autores destacam que a transição para o ambiente urbano é o processo de mudança mais importante e a principal causa da fragmentação das terras agrícolas e da perda de habitats costeiros, o que implica possíveis efeitos negativos para a biodiversidade e os processos ecológicos. No entanto, o padrão de urbanização em áreas periféricas favorece a dinâmica da vegetação natural, persistência das matas e significativa estabilidade dos terrenos agrícolas nas zonas periféricas, com efeitos positivos em termos de conectividade ecológica e potencial de recuperação da vegetação.

O funcionamento dos sistemas urbanos e a relação com a movimentação da cidade é discutida também por Grove, Locke e O'Neil-Dunne, (2014), para os quais, a dinâmica

observada sugere que os padrões de vegetação encontrados nas residenciais, estão associados a diferentes estilos de vida e modos de vida. Ou seja, as preferências humanas específicas também podem contribuir no processo ecológico urbano, por exemplo, quando existe a escolha por cultivar espécies exóticas pela população ao invés de espécies de plantas nativas.

A análise do processo ecológico, quando combinada com a abordagem dos serviços ecossistêmicos urbanos, fornece uma estrutura útil para avaliar o status do ambiente, estabelecer metas, identificar pontos de referência e priorizar abordagens para melhorar a sustentabilidade e resiliência (MCPHEARSON; KREMER; HAMSTEAD, 2013). Para esses autores, que discutem e relacionam os parques urbanos como alternativas de sustentabilidade urbana, é necessário avaliar os serviços ecossistêmicos que podem ser observados nesses espaços verdes urbanos, juntamente com as condições socioecológicas e seus padrões espaciais na paisagem urbana.

Corroborando com esta ideia, o trabalho de Ibes (2015) apresentou metodologia para classificar empiricamente parques urbanos, de acordo com suas características físicas, de cobertura do solo e de construção. Uma análise de equidade comparou os tipos de parque com as características sociais da vizinhança, avaliando estatisticamente e espacialmente quem tem acesso a que tipo de parque. Desta forma, quando se fala em sustentabilidade urbana referindo-se aos benefícios que se podem obter pela população, a partir de espaços como parques urbanos, a discussão sugere que pesquisas neste formato possam formar políticas, planejamento e gestão de parques urbanos realmente sustentáveis e justos no sentido de acesso a todos (IBES, 2015).

Ernstson e Sörlin, (2013) demonstram como os serviços ecossistêmicos podem ser vistos e estudados como uma prática social de articulação de valores. Para os autores, quando os serviços ecossistêmicos aparecem como objetos de valor calculado na tomada de decisão, estes já estão contaminados pelo social e não podem ser vistos como meramente refletindo uma realidade biofísica objetiva.

Para He et al. (2017), a mudança do ambiente urbano é analisada usando dados de sensoriamento remoto que permitem apontar uma tendência de degradação do meio ambiente nas áreas urbanas da China no período 2000-2012. Os resultados apontados pelos autores demonstram que áreas urbanas expandidas, evidenciaram a degradação ambiental mais extensa, com 52,33% do total das áreas urbanas expandidas de 1992 a 2012 evidenciando a degradação ambiental ou degradação ambiental moderada. O aumento na concentração de material particulado fino no ar, foi uma das principais manifestações da degradação ambiental nas áreas urbanas expandidas.

## 5.2 Categorias de indicadores de sustentabilidade urbana

A partir da análise dos temas discutidos pelos trabalhos que compõem esta pesquisa, identificou-se um conjunto de categorias propostas pelos autores para avaliar a sustentabilidade urbana e por consequência a biodiversidade.

A análise por categorias, uma das técnicas de análise descrita no conjunto de técnicas da análise de conteúdo, funciona “por operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos” (BARDIN, 2011, p. 200). Cita-se como diferentes possibilidades de categorização, a investigação dos temas, ou a análise temática, que possui como característica a rapidez e eficácia na aplicação em discursos diretos e simples (BARDIN, 2011).

Neste sentido, amparado na literatura analisada e de acordo com as grandes áreas observadas nesses estudos, foram listados alguns exemplos de categorias e subcategorias que englobam a avaliação de sustentabilidade urbana, conforme descrito na Tabela 12.

**Tabela 12.** Exemplos de categorias e subcategorias identificadas nas estruturas de avaliação de sustentabilidade.

CATEGORIA	SUB CATEGORIAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de cidade verde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissão de CO 2</li> <li>• Energia</li> <li>• Edifícios</li> <li>• Uso da terra</li> <li>• Transporte</li> <li>• Água e saneamento</li> <li>• Gerenciamento de resíduos</li> <li>• Qualidade do ar</li> <li>• Governança ambiental</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestrutura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade de água</li> <li>• Esgoto</li> <li>• Acesso à eletricidade</li> <li>• Disponibilidade de telefone</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento de águas residuais</li> <li>• Disposição de resíduos sólidos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saúde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expectativa de vida</li> <li>• Mortalidade infantil</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtos da cidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PIB</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alfabetização</li> <li>• Matrícula escolar</li> </ul>

Fonte: Huang; Wu; Yan (2015).

A sustentabilidade urbana é geralmente medida por meio de uma série de indicadores sociais, econômicos e ambientais. Os métodos de avaliação para a sustentabilidade urbana, normalmente levam em consideração diferentes funções, a ecologia do espaço verde, manutenção da biodiversidade, gestão de águas pluviais e/ou qualidade do ar (GLENNIE, 2020). Neste sentido, é comum que os trabalhos que abordam o tema de sustentabilidade, organizem os indicadores em categorias de acordo com as possibilidades de uso.

A exemplo dessa organização, Carbone (2019), propôs um conjunto de indicadores de avaliação de capital natural e provisão de serviços ecossistêmicos, divididos em 12 indicadores para capital natural, água, agricultura e biodiversidade, 12 indicadores para serviços ecossistêmicos, oferta e demanda de provisão de água, provisão de alimentos, regulação climática e indicadores de influência sobre a pressão acerca dos serviços ecossistêmicos, esses divididos em categorias de economia, demografia, influências socioculturais, aspectos de governança, uso da terra, mudanças climáticas e poluição.

Para Pham et al. (2019), essa divisão de indicadores em categorias é vista como uma alternativa já que a biodiversidade urbana diz respeito a organismos vivos, incluindo variação genética, e habitats. No caso de espécies, elas podem variar muito entre o meio rural e núcleo urbano. Uma vez que não é possível monitorar todas as espécies em todos os lugares, é muito importante configurar as metas de monitoramento, como formulação de categorias para contribuir com objetividade para a tomada de decisão.

Com base nos exemplos identificados para essa pesquisa e para atender o segundo objetivo, “categorizar os indicadores de acordo com as possibilidades de uso” considerou-se os seguintes aspectos conforme descrito no esquema representado pela Figura 30.

**Figura 30.** Esquema para representar as referências utilizadas para categorizar os indicadores na pesquisa.



**Fonte:** A autora (2021).

A partir dessa ideia, elaborou-se a Tabela 13, no qual delimita e apresenta cada categoria e subcategoria considerada e, quais as publicações foram identificadas para cada uma delas. A Tabela 13 demonstra o resultado desta sistematização realizada, a partir das definições dos termos apresentados no decorrer da pesquisa.

**Tabela 13.** Categorias de indicadores de acordo com as possibilidades de uso.

<b>(Continua)</b>		
<b>CATEGORIAS</b>	<b>SUBCATEGORIAS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversidade de espécies</li> <li>• Diversidade genética</li> <li>• Diversidade ecossistêmica</li> <li>• Espécies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riqueza de espécies</li> </ul>	INDICADORES DE BIODIVERSIDADE (DUELLI, 2003)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversidade beta</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversidade funcional</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espécies nativas; Variedade de espécies; Espécies invasoras</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crescimento populacional</li> <li>• Cobertura vegetal</li> <li>• Espécies</li> <li>• Plano diretor Urbano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• População;</li> </ul>	GEO CIDADES (PNUMA, 2004)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área total da cidade para cada categoria de cobertura vegetal considerada;</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flora e Fauna;</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de legislações.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviços ecossistêmicos</li> <li>• Governança e gestão</li> <li>• Biodiversidade nativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulação da quantidade da água</li> </ul>	CITY BIODIVERSITY INDEX (Elmqvist et al., 2013)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratégias e planos de ação para biodiversidade local</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodiversidade nativa em áreas construídas; Mudança no número de espécies nativas; Medidas de conectividade ou redes ecológicas para combater a fragmentação</li> </ul>	

**Fonte:** A autora (2021).

**Tabela 13.** Categorias de indicadores de acordo com as possibilidades de uso.

		<b>(Conclusão)</b>
<b>CATEGORIAS</b>	<b>SUBCATEGORIAS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimento</li> </ul>		SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS  (MEA, 2005)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção de alimento; Segurança alimentar; Produção sustentável de alimentos; Hortas orgânicas; Escassez de alimentos</li> <li>• Qualidade da água; Ciclo da água; Abastecimento de água; Disponibilidade de água urbana em relação da água rural; Águas superficiais; Conservação da água; Consumo da água; Contaminação da água; Capacidade de gestão da água; Poluição da água; Escassez de água; Abastecimento de água; Uso da água</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia</li> <li>• Regulação da água; Regulação da qualidade do ar; Capacidade de regulação do clima; Regulação climática</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulação</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciativas de educação ambiental; Espaços de recreação; Herança cultural</li> <li>• Ciclagem de nutrientes; Formação do solo; Produtividade primária</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de Uso Direto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lazer</li> </ul>	VALORAÇÃO ECOSSISTÊMICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de Uso Indireto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequestro de carbono; Polinização</li> </ul>	(GROOT et al.,2012)

**Fonte:** A autora (2021).

As categorias descritas por Duelli (2003) para indicadores de biodiversidade, são: 1- Para biodiversidade, diversidade genética, diversidade de espécies, diversidade do ecossistema, diversidade comportamental, diversidade de composição, diversidade estrutural, diversidade funcional e cultural. 2- Para espécies, subespécies, variedade de espécies, espécies pragmáticas, morfoespécies, espécies filogenéticas, espécies extintas, espécies em perigo, espécies ameaçadas, espécies nativas, espécies introduzidas, espécies invasivas e espécies indicadoras. Foi possível observar que para esta análise foram contempladas no total de trabalhos analisados apenas quatro categorias e suas respectivas subcategorias, sendo elas: Diversidade de espécies (riqueza de espécies); Diversidade genética (diversidade beta); Diversidade ecossistêmica (Diversidade funcional) e para Espécies (espécies nativas, variedade de espécies e espécies invasoras).

Cada aspecto da biodiversidade requer seu próprio indicador, as categorias normalmente estabelecidas pelos autores são uma forma de facilitar o processo do que se pretende analisar, visto as dificuldades para chegar a um consenso sobre o uso dos indicadores de biodiversidade são múltiplos. Estes implicam escolhas diferentes de valores e medidas (DUELLI, 2003).

Desta forma, pode-se reconhecer diante das categorias que se destacaram na análise, que para os autores é importante observar informações acerca do número de espécies presentes no ambiente urbano, a variação na composição dessas espécies, sua função no ecossistema, em quais formas estas espécies se apresentam e, a existência de variedade quanto a sua origem.

Em relação ao City Biodiversity Index (CBI) – Índice de Biodiversidade da Cidade, também foram considerados todos os indicadores descritos na literatura, sendo estes: 1- Para biodiversidade nativa, medidas de conectividade ou redes ecológicas para combater a fragmentação, biodiversidade nativa em áreas construídas, mudança no número de espécies nativas, proporção de áreas naturais protegidas, proporção de espécies exóticas / invasoras. 2- Para serviços ecossistêmicos, regulação da quantidade de água, regulação do clima: armazenamento de carbono e efeito de resfriamento da vegetação, serviços recreativos e educacionais. 3- Para governança e gestão, orçamento alocado à biodiversidade, número de projetos de biodiversidade implementados anualmente, regras, regulamentos e políticas - existência de estratégia local de biodiversidade e planos de ação, capacidade institucional, participação e parceria, educação e conscientização.

As três categorias foram contempladas para os trabalhos analisados, sendo que as considerações enquanto subcategorias foram as de regulação da quantidade da água, estratégias e planos de ação para biodiversidade local, biodiversidade nativa em áreas construídas,



mudança no número de espécies nativas, medidas de conectividade ou redes ecológicas para combater a fragmentação.

Verificar a situação e as tendências da biodiversidade e dos serviços do ecossistema no ambiente urbano, representa importante papel para entender se uma área metropolitana está se desenvolvendo em uma trajetória sustentável ou não. A utilização do CBI pode ajudar os formuladores de políticas e cientistas a superar os desafios que se encontram tanto no campo metodológico (escala, limites, definições) e níveis institucionais (integrando biodiversidade e ecossistemas com objetivos sociais e econômicos) (KOHSAKA et al., 2013).

Neste sentido, o uso do CBI na perspectiva dos trabalhos analisados, contempla e complementa os aspectos de ajuste na perda de biodiversidade em centros urbanos, por meio de estratégias de conservação e manutenção de espécies resistentes ao processo de urbanização.

Com base nas categorias de serviços ecossistêmicos da avaliação ecossistêmica do milênio, foram consideradas as seguintes informações: 1- Para serviços ecossistêmicos de provisão, produção de alimentos, segurança alimentar, escassez de alimentos, uso de comida, produção sustentável de alimentos, produção urbana sustentável de alimentos, segurança alimentar urbana, qualidade da água, regulação da água, maior necessidade de abastecimento de água, indicador de água rural urbana, água da superfície, mudança da água da superfície, águas superficiais urbanas, área de água, conservação de água, consumo de água, capacidade de gestão de água, poluição da água, risco de qualidade da água, escassez de água, abastecimento de água, necessidade de abastecimento de água, comportamento individual de uso de água, prática de uso sustentável da água, contaminação da água, ciclo da água, necessidade de água, segurança da água, falta de abastecimento de água, sistema de água, utilização de água, uso de água, comportamentos de uso de água, curso d'água, política de água, madeira, carvão, planta medicinal, energia e biomassa. 2- Para serviços ecossistêmicos de regulação, regulação da água, regulação da qualidade do ar, capacidade de regulação do clima, e regulação climática. 3- Para serviços ecossistêmicos de cultura, herança cultural, espaço recreativo e educação ambiental. 4- Para serviços ecossistêmicos de suporte, ciclagem de nutrientes, formação de solo e produtividade primária.

De todas as categorias citadas para serviços ecossistêmicos, pode-se perceber que os trabalhos analisados abordam as quatro delas, sendo que os temas presentes nessas categorias também aparecem todos descritos como subcategorias, dando ênfase aos os bens e serviços obtidos dos ecossistemas de forma direta ou indireta.

Neste sentido, analisou-se ainda a valoração sob os serviços ecossistêmicos, visto que de uma maneira geral, os métodos de valoração econômica ambiental são utilizados para

estimar os valores que as pessoas atribuem aos recursos ambientais, com base em suas preferências individuais (NOGUEIRA et al., 2000).

As categorias selecionadas para a análise de valoração dos serviços ecossistêmicos nos estudos desta pesquisa foram as seguintes: 1- Para valor de uso direto, exploração madeireira, apreciação visual e lazer. 2- Para valor de uso indireto, sequestro de carbono, armazenamento de carbono, perda de armazenamento de carbono, armazenamento de carbono terrestre, potencial anual de sequestro de carbono, ciclo da água e polinização. 3- Para valor de opção, propriedades medicinais. 4- Para valor de não uso ou valor de existência, extinção de espécies.

Nesta análise apenas as subcategorias de lazer, sequestro de carbono e polinização foram consideradas pelos estudos de sustentabilidade urbana e biodiversidade.

O manual do GEO Cidades conta com o total de 52 indicadores divididos em pressão, estado, impacto e resposta. O objetivo fundamental do projeto GEO Cidades é o de promover um melhor entendimento da interação entre o desenvolvimento urbano e o meio ambiente, fazendo uma análise entre todos os aspectos que envolvem um ambiente urbanizado sustentável, entre estes a biodiversidade urbana, tema chave dessa pesquisa.

O projeto GEO Cidades é parte integrante de uma série de Documentos GEO (Global Environment Outlook) que vem sendo desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), desde 1995, resultando na produção periódica de informes acerca do estado do meio ambiente em âmbito mundial (GEO 1999, 2000 e 2003), regional – Perspectivas do Meio Ambiente na América Latina e no Caribe (GEO ALC 2000) –, nacional (GEO Barbados, GEO Brasil, GEO Chile, GEO Costa Rica, GEO Nicarágua, GEO Panamá, GEO Peru) e municipal – GEO Cidades (GEO Manaus, GEO Rio de Janeiro, GEO São Paulo, entre outros) (DORNELLES, 2007).

Desta maneira foi possível aprofundar quais são as categorias consideradas pelos estudos em análises e discutir acerca da aplicabilidade dos temas na literatura.

### **5.3 Aplicabilidade dos indicadores de sustentabilidade urbana**

Uma das principais aplicabilidades dos indicadores de sustentabilidade, é auxiliar os tomadores de decisão a compreender o significado operacional do desenvolvimento sustentável e auxiliar na escolha entre as alternativas políticas que melhor direcionam o sistema para a sustentabilidade (VAN BELLEN, 2005).

Nesse sentido, Fernandes et al 2012, Figura 31, propõem um fluxo de implementação e avaliação estratégicas de políticas, tendo como instrumento um conjunto de indicadores.

Em síntese, o conhecimento produzido deve ser traduzido em informações para os tomadores de decisão, os quais promoverão as políticas públicas de desenvolvimento sustentável. Tal conhecimento precisa chegar aos tomadores de decisão para então se tornar política pública coerente e embasada (AZEVEDO-SANTOS et al., 2017). Dito isso, observamos alguns exemplos de como os indicadores de sustentabilidade podem ser aplicados e como estes são percebidos na literatura estudada.

**Figura 31.** Fluxograma da metodologia de avaliação estratégica com base em indicadores.



Fonte: Fernandes et al., 2012.

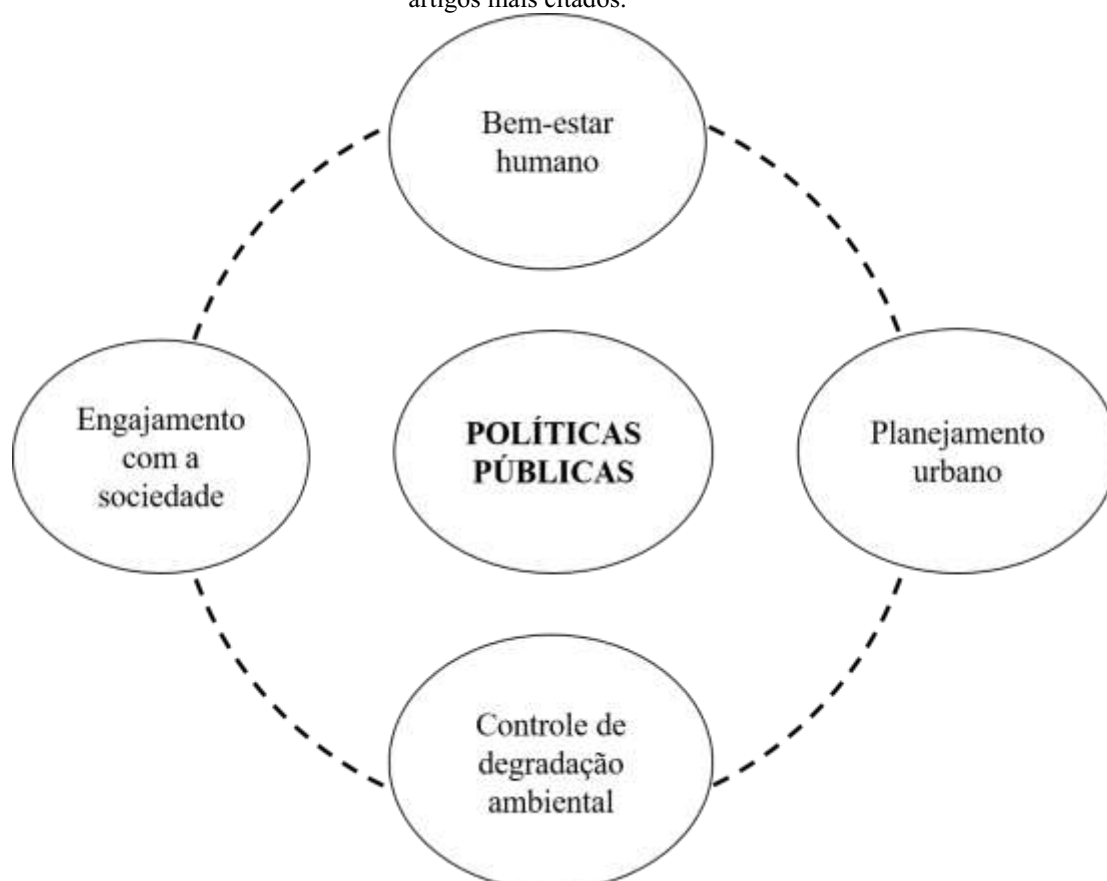
Colding e Barthel (2017), defendem que os estudos acerca da sustentabilidade urbana concentrem seus esforços em compreender as lacunas na literatura em relação a expansão do conceito sobre cidades inteligentes. Partindo do conceito de ecologia urbana, os autores fornecem algumas reflexões para diferenciar o modelo de cidade inteligente com o objetivo de aumentar a sustentabilidade urbana.

Um exemplo de aplicabilidade de indicadores de biodiversidade, proposto por Saldarriaga (2020), é por meio de investigação das atitudes de pessoas de diferentes origens socioeconômicas e, portanto, a identificação de barreiras e oportunidades para o plantio de árvores. O estudo demonstrou que em duas áreas com diferenças socioeconômicas na cidade de Sydney na Austrália, as atitudes dos residentes em relação às árvores dependem muito da localização das árvores. Árvores localizadas em terras privadas são preferidas pela estética e

funcionalidade (por exemplo, beleza e privacidade), e as árvores são removidas se representarem uma ameaça à saúde ou infraestrutura dos residentes. As árvores localizadas em terras públicas são apreciadas porque as pessoas preferem viver ao longo de uma rua arborizada onde os valores estéticos e ambientais das árvores são primordiais. Essas atitudes relatadas, variam com a renda, educação e tipo de moradia. Os resultados deste estudo sugerem que os governos locais devem se engajar efetivamente com populações socioeconômicas diversas e reconhecer as diferentes atitudes das comunidades nas políticas e práticas de manejo da vegetação urbana (SALDARRIAGA, 2020).

Diante destes exemplos, foi possível observar como a literatura sugere de forma geral aplicar indicadores relacionados a sustentabilidade urbana. Pôde-se, ainda, perceber através da análise sistêmica dos trabalhos mais citados, Tabela 13, propostas de aplicabilidade desses indicadores, sendo elas: para análise do bem-estar humano, planejamento urbano, engajamento com a sociedade e controle de degradação ambiental. Para cada sugestão de aplicabilidade, entendeu-se a incorporação dos temas por meio de políticas públicas de acordo com a imagem ilustrada pela Figura 32.

**Figura 32.** Principais temas relacionados a aplicabilidade dos indicadores de sustentabilidade urbana segundo os artigos mais citados.



Fonte: A autora, 2021.

Para Wu (2014) todos os componentes do meio ambiente e seus relacionamentos são profundamente influenciados pela velocidade e padrão espaço-temporal da urbanização. O bem-estar humano é o foco principal para projetos de sustentabilidade urbana, enquanto os estudos ecológicos urbanos costumam focar na biodiversidade, ecologia processos e serviços ecossistêmicos. À medida que a urbanização se expande, os planejadores da cidade e os legisladores precisam considerar como os recursos ecológicos podem ser estrategicamente desenvolvidas e geridas de forma sustentável para atender às necessidades das populações urbanas (MCPHEARSON; KREMER; HAMSTEAD, 2013).

Como ponto central para o trabalho de Ahern (2013), entendeu-se que a aplicabilidade está voltada para a gestão privada, onde as principais questões da pesquisa são direcionadas para arquitetos, planejadores e designers, pensarem em formas de integrar a ecologia com o planejamento urbano e design.

Vale ressaltar que os estudos apontaram também que o planejamento urbano pode ser influenciado pelas preferências humanas por determinadas paisagens. Análises sugerem que essas preferências apresentem implicações metodológicas para a compreensão dos sistemas ecológicos urbanos. Essas descobertas podem ter implicações para as políticas públicas (GROVE et al., 2014).

Neste sentido, McPhearson et al. (2016) apontam o estudo da ecologia urbana como meio de obter informações acerca da sustentabilidade urbana como uma ciência integrada, que pode ser aplicada com a finalidade de informar os tomadores de decisão sobre as relações sociais, ecológicas, econômicas e construídas do meio ambiente. Para os autores, esses são desafios e oportunidades para compreender a dinâmica dos sistemas urbanos para apoiar as metas de melhoria da sustentabilidade e resiliência urbana, conservar a biodiversidade urbana e promover o bem-estar humano em um planeta em urbanização. Em relação a aplicação dos indicadores de sustentabilidade urbana, como referência para formulação de políticas públicas, regatamos a afirmação “Você não pode gerenciar o que você não mede” (ERNSTSON; SÖRLIN, 2013). Ibes (2015) reforçam que as informações fornecidas por meio de pesquisas de indicadores no ambiente urbano sugerem que os dados podem informar a política, planejamento e gestão.

No estudo de Ahern, Cilliers e Niemela (2014), a função de um conjunto de indicadores de sustentabilidade urbana, é vista como uma proposta para integrar a ciência, prática profissional e participação social. Segundo os autores, o envolvimento da comunidade local em ações ambientais é uma estratégia para promover a transdisciplinariedade. O engajamento da

população com as questões ambientais promove a compreensão de como os humanos interagem com o ambiente urbano (AHERN; CILLIERS; NIEMELA, 2014).

Outra forma de aplicar indicadores de sustentabilidade urbana, segundo o estudo de Frondoni, Mollo e Capotorti (2011), é para análise e caracterização do padrão temporal e espacial de mudança no ambiente urbano e explorar o potencial de impacto ecológico. Desta forma, o uso de indicadores é destinado também para realizar um controle ambiental.

Dados que são incorporados para a função de controle ambiental, são na maioria das vezes, informações sobre a avaliação das mudanças ambientais, como ilhas de calor, concentração de NO, cobertura vegetal, qualidade da água, entre outros parâmetros desta categoria (HE et al., 2017).

Frente à possibilidade de temas incorporados em relação a aplicabilidade por meio das políticas públicas, nota-se pertinência, quando resgatamos os resultados apresentados na seção de categorias e subcategorias identificadas nos estudos, Tabela 12. Na qual as informações destacadas para serviços ecossistêmicos, em especial para a categoria de provisão foram os que mais foram observados, refletindo, portanto, em estudos que identificam através os serviços ecossistêmicos com importância direcionada a promoção do bem-estar humano.

Seguido da categoria de serviços ecossistêmicos cultural, com a subcategoria de espaços de recreação, bem como a categoria de valoração ecossistêmica: valor de uso direto e subcategoria de lazer que justificam o apontamento de aplicação desses dados no formato de promover o engajamento da sociedade, atrair a atenção da população as questões ambientais e assim promover a participação.

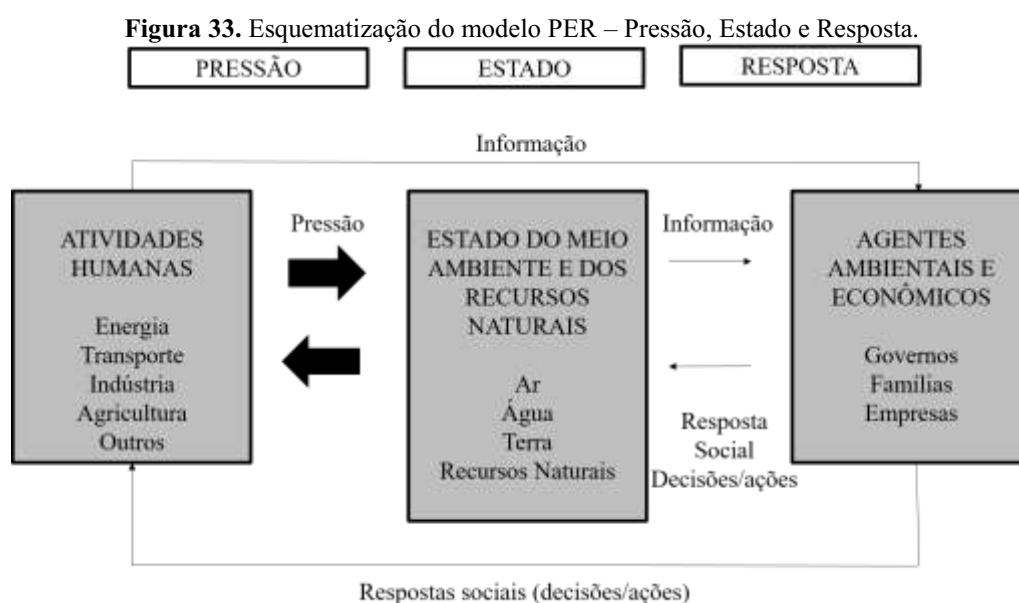
A proposta de categorias e subcategorias para governança e gestão, conforme informações do CBI: estratégias e planos de ação para biodiversidade local e para biodiversidade nativa: biodiversidade nativa em áreas construídas; mudança no número de espécies nativas; medidas de conectividade ou redes ecológicas para combater a fragmentação, indicam a aplicação no quis diz respeito ao planejamento urbano e ao controle de degradação ambiental consequentemente.

#### **5.4 Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade para avaliação de sustentabilidade urbana**

Com base nas possibilidades de uso dos indicadores de biodiversidade na avaliação de sustentabilidade urbana observadas por meio das categorias e subcategorias obtidas na etapa de

análise de conteúdo, esta seção sugere uma estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana para avaliação de sustentabilidade urbana.

Para desenvolver a estrutura conceitual desta pesquisa, partiu-se da ideia de organizar e classificar os indicadores que podem ser utilizados para o monitoramento e avaliação dos processos ambientais e socioeconômicos que permeiam a questão da sustentabilidade no ambiente urbano. Como modelo metodológico, base na construção da estrutura conceitual, foram consideradas as abordagens do modelo PER - Pressão, Estado, Resposta, ilustrado na Figura 33.



Fonte: OCDE (1993).

Este modelo contempla interações entre a sociedade e o meio ambiente, sendo útil para descrever relações de causa e consequência de problemas ambientais, suas dinâmicas e relações entre os componentes (EEA, 2003).

Em resumo, o modelo PER baseia-se na ideia de que, as atividades humanas exercem pressões sobre o meio ambiente e afetam a sua qualidade e a quantidade de recursos naturais (estado); a sociedade responde a estas mudanças, adotando políticas ambientais, econômicas e setoriais, tomando consciência das mudanças ocorridas e a elas adaptando o seu comportamento (resposta da sociedade). Este modelo apresenta a vantagem de evidenciar estes elos e ajudar os tomadores de decisão e o público a perceber a interdependência entre as questões ambientais e as outras (sem, todavia, esquecer que existem relações mais complexas nos ecossistemas e nas interações meio ambiente-sociedade) (CUNHA et al., p. 2145, 2013). O modelo PER possibilita uma visão conjunta dos vários componentes de um problema ambiental, sendo esta uma grande

vantagem que facilita o diagnóstico do problema e a elaboração da respectiva política pública, pois vai além da mera constatação da degradação ambiental e revela seu impacto, suas causas, o que está por trás dessas causas e as ações que estão sendo tomadas para melhorar esse quadro (CARVALHO, 2007).

No início dos trabalhos, a CBD adotou a estrutura conceitual do PER – Pressão – Estado e Resposta, e logo em seguida sua evolução DPSRI - Força motriz - Pressão – Estado - Resposta – Impacto (CDB, 1997; 2003). Para a IPBES, (AKÇAKAYA, 2016), compreender as relações de forças motrizes e pressões, e os respectivos impactos e respostas, é fundamental para avaliações em biodiversidade, e o quadro DPSRI facilita o entendimento de como variáveis utilizadas como de saída em alguns modelos podem ser utilizadas como variáveis de entrada em outros. Ou seja, a utilização do modelo se dá a sua abordagem interdisciplinar que permite a avaliação das ligações entre as características econômicas, sociais, físicas e biológicas de um sistema ( ROUSENVELL et al., 2010).

Estas questões, segundo PNUMA (2004), estão relacionadas aos diferentes processos analisados no Relatório GEO Cidades, incluindo a definição de cenários futuros para o meio ambiente local e a produção de um relatório ambiental integrado, que vai além dos métodos tradicionais de avaliação do estado do meio ambiente: “um processo de produção e comunicação de informações sobre interações, o ponto onde o meio ambiente natural e a sociedade se encontram” (PINTER; ZAHEDI; CRESSMAN, 2000).

Como resultado desta análise, foi produzido o Quadro 17 que resume os indicadores de acordo com os clusters identificados no processo de análise de conteúdo desta pesquisa e representam, a estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana proposta nesta pesquisa.

**Quadro 18.** Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

**(Continua)**

CLUSTER	CATEGORIA	INDICADORES	P	E	I	R
1: Expansão Urbana	City Biodiversity Index	% da área construída em relação a área agrícola (escala temporal)	X			
1: Expansão Urbana	City Biodiversity Index	Capacidade de geração e uso da água (existência de usinas hidrelétricas)	X			
1: Expansão Urbana	City Biodiversity Index	Plano diretor urbano (existência de estratégia local para preservação da biodiversidade)				X
1: Expansão Urbana	Serviços ecossistêmicos	Capacidade de produção de alimentos		X		
1: Expansão Urbana	Serviços ecossistêmicos	Qualidade da água		X		
1: Expansão Urbana	Serviços ecossistêmicos	Níveis pluviométricos anuais		X		

Fonte: A autora (2021).



Quadro 17. Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

(Continua)

CLUSTER	CATEGORIA	INDICADORES	P	E	I	R
1: Expansão Urbana	Serviços ecossistêmicos	Existência de áreas para lazer e recreação	X			
1: Expansão Urbana	Serviços ecossistêmicos	<b>Capacidade de produção de matéria prima</b>		X		
1: Expansão Urbana	Valoração ecossistêmica	Potencial anual de sequestro de carbono		X		
1: Expansão Urbana	GEO Cidades	<b>Existência de ONG's ambientais (número de grupos envolvidos com o governo local por 10.000 pessoas)</b>				X
1: Expansão Urbana	GEO Cidades	Alteração do microclima (Variação de temperatura em °C e de umidade relativa do ar)			X	
2: Áreas Verdes Urbanas	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	<b>Riqueza de espécies de árvores nativas da região</b>	X			
2: Áreas Verdes Urbanas	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	Diversidade genética entre as espécies (plantas, animais e insetos)	X			
2: Áreas Verdes Urbanas	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	% de espécies de fauna e flora nativas	X			
2: Áreas Verdes Urbanas	City Biodiversity Index	Plano diretor urbano (existência de estratégia local para preservação da biodiversidade)				X
2: Áreas Verdes Urbanas	Serviços ecossistêmicos	Existência de áreas para lazer e recreação	X			
2: Áreas Verdes Urbanas	Serviços ecossistêmicos	Capacidade de produção de alimentos		X		
2: Áreas Verdes Urbanas	Geo Cidades	<b>Cobertura vegetal (% da Área total da cidade para cada categoria de cobertura vegetal considerada)</b>	X			
3: Sustentabilidade e governança	City Biodiversity Index	<b>Biodiversidade nativa em áreas construídas (espécies de pássaros)</b>	X			
3: Sustentabilidade e governança	City Biodiversity Index	Plano diretor urbano (existência de estratégia local para preservação da biodiversidade)				X
3: Sustentabilidade e governança	GEO Cidades	<b>Presença de atividades de Agenda ambiental local (Número de ações da Agenda ambiental local)</b>				X
4: Uso e ocupação da terra	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	Diversidade genética entre as espécies (plantas, animais e insetos)	X			
4: Uso e ocupação da terra	City Biodiversity Index	Plano diretor urbano (existência de estratégia local para preservação da biodiversidade)				X
4: Uso e ocupação da terra	Serviços ecossistêmicos	Capacidade de produção de alimento (toneladas/ano)		X		
4: Uso e ocupação da terra	Serviços ecossistêmicos	Qualidade da água		X		

Fonte: A autora (2021).

**Quadro 17.** Estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

CLUSTER	CATEGORIA	INDICADORES	(Conclusão)			
			P	E	I	R
4: Uso e ocupação da terra	Serviços ecossistêmicos	Existência de áreas para lazer e recreação	X			
4: Uso e ocupação da terra	GEO Cidades	Alteração do microclima (Variação de temperatura em °C e de umidade relativa do ar)			X	
5: Parques urbanos	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	% de espécies de fauna e flora nativas	X			
5: Parques urbanos	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	Mudança no número de espécies nativas (% ao longo de 5 anos)			X	
5: Parques urbanos	Serviços ecossistêmicos	<b>% da água utilizada para irrigação pública</b>		X		
5: Parques urbanos	Valoração ecossistêmica	Potencial anual de sequestro de carbono		X		
6: Ecologia urbana	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	% de espécies de fauna e flora nativas		X		
6: Ecologia urbana	City Biodiversity Index	<b>% de espécies exóticas/invasoras</b>			X	
6: Ecologia urbana	City Biodiversity Index	Plano diretor urbano (existência de estratégia local para preservação da biodiversidade)				X
6: Ecologia urbana	Valoração ecossistêmica	Potencial anual de sequestro de carbono		X		
6: Ecologia urbana	GEO Cidades	Alteração do microclima (Variação de temperatura em °C e de umidade relativa do ar)			X	
7: Desafios do Paisagismo Urbano	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	% de espécies de fauna e flora nativas		X		
7: Desafios do Paisagismo Urbano	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	Mudança no número de espécies nativas (% ao longo de 5 anos)			X	
7: Desafios do Paisagismo Urbano	Valoração ecossistêmica	<b>Presença de inseto polinizadores</b>		X		
8: Cidade e sociedade	Serviços ecossistêmicos	Existência de áreas para lazer e recreação			X	
9: População Sustentável	Indicadores de Biodiversidade – Revisão de Literatura	Mudança no número de espécies nativas (% ao longo de 5 anos)			X	

Fonte: A autora (2021).

Os indicadores destacados, em negrito no texto da tabela, representam os indicadores citados entre os clusters apenas uma vez. Enquanto os demais foram identificados em mais de um cluster simultaneamente.

As pressões ambientais, descrevem as influências das atividades humanas sobre o meio ambiente, incluindo aos recursos naturais. São pressões diretas (o uso de recursos e as descargas de poluentes e resíduos). Os indicadores de pressões ambientais estão intimamente relacionados com a produção e padrões de consumo, que muitas vezes refletem a emissão ou a intensidade de utilização de recursos, juntamente com as tendências relacionadas e mudanças ao longo de um determinado período (PNUMA, 2007).

O estado, são as condições ambientais relacionadas com a qualidade do meio ambiente e a qualidade e quantidade dos recursos naturais e como estes refletem o objetivo final das políticas ambientais. Os indicadores das condições ambientais são projetados para dar uma visão geral da situação – o Estado – sobre o meio ambiente e seu desenvolvimento ao longo do tempo. Na prática, a medição das condições ambientais pode ser muito difícil ou dispendiosa (PNUMA, 2007).

O impacto, refere-se ao efeito do estado ou condição do meio ambiente sobre a saúde e a qualidade de vida humana, a economia urbana, os ecossistemas etc., são contemplados aspectos como: destino dos resíduos sólidos nos lixões, ocasionando diversos efeitos sobre a qualidade do meio ambiente; índice de doenças envolvendo as populações no entorno do lixão, dentre outros aspectos (PNUMA, 2007).

A resposta, mostra a extensão em que a sociedade responde às preocupações ambientais. Elas referem-se a ações e reações coletivas, destinadas a: mitigar, adaptar ou prevenir os efeitos negativos, induzidos pelo homem sobre o meio ambiente; parar ou reverter danos ambientais já causados; preservar e conservar a natureza e os recursos naturais. Na prática, esse indicador diz respeito principalmente à redução e controle das medidas e ações preventivas (PNUMA, 2007).

Ressalta-se que, para a proposta desta pesquisa optou-se por não considerar, de acordo com o modelo inicialmente descrito (CBD, 1997), a Força motriz, representada pela letra D. Partimos da ideia de que, à medida que as forças motrizes exercem pressões sobre o estado de um ambiente, essas causam impactos. Ou seja, se força motriz – D “reflete as influências das atividades humanas que, quando combinadas com as condições ambientais, provocam mudança no meio ambiente” (FERNANDES; BARBOSA, 2011, p.724). Indicadores de impacto (I) são suficientes.

Os indicadores relacionados com distribuição espacial, foram sugeridos com base nos conflitos abordados na discussão de expansão urbana descrita na pesquisa. O crescimento populacional urbano é um indicador que mede as pressões sobre o meio ambiente, incluindo a exploração dos recursos naturais como água e solo; a contaminação de uma cidade e de seus arredores; e a poluição atmosférica pelo trânsito e pelas indústrias. Pressões crescentes ou

decrecentes sobre um ambiente urbano acompanham o crescimento populacional através do tempo. Nos centros urbanos, as atividades ligadas à construção civil e ao transporte exercem uma pressão direta sobre o meio ambiente: elas demandam espaço urbano para sua expansão, ocupam e constroem em importantes áreas do ecossistema, ameaçando a biodiversidade local (PNUMA, 2004).

Para os indicadores de redução de cobertura vegetal, buscou atender as sugestões da literatura em relação as áreas verdes. A cobertura vegetal do solo cumpre uma importante função ambiental, considerando que abriga uma complexa e variada biodiversidade da fauna e da flora, ajuda a conservar os mananciais e o solo, funciona como filtro contra contaminantes diversos, e interfere na temperatura local. A redução da área ocupada por bosques e outros tipos de vegetação natural é uma das principais consequências do desenvolvimento urbano, sendo um importante indicador da pressão exercida pelas cidades sobre o meio ambiente (PNUMA, 2004, p. 41).

Para o indicador de volume total de águas residuais domésticas não tratadas parte da ideia de que as águas residuais domésticas não tratadas são geralmente drenadas até as bacias hidrográficas por efeito da gravidade (inclusive as chuvas), resultando na contaminação das águas superficiais, subterrâneas e marinhas. Esta contaminação tem impactos sobre o meio ambiente, a qualidade de vida e a saúde da população – provocando, entre outros fenômenos: enfermidades de veiculação hídrica, proliferação de algas tóxicas, e aumento do custo de tratamento da água para consumo doméstico -, razão pela qual é necessário monitorar este mecanismo de pressão sobre os recursos naturais nas cidades. A qualidade da água pode ser um fator determinante da quantidade de espécies da fauna e da flora que podem sobreviver em um dado ecossistema, envolvendo a riqueza e complexidade da biodiversidade local (PNUMA, 2004, p. 49).

Para os indicadores de cobertura vegetal, foram consideradas áreas de bosques de vegetação natural ou plantada, parques, áreas verdes urbanas e praças. Nos países tropicais, as áreas verdes nas cercanias, ou entremeadas com a malha urbana prestam serviço ambiental primordial de amenização do microclima, infiltração e retenção de águas pluviais, controle natural de inundações, além de proporcionarem habitat para uma avifauna variada que frequenta as áreas construídas da cidade (PNUMA, 2004, p. 71).

Para os indicadores de espécies extintas ou ameaçadas, os dados referem-se à medida percentual entre o número de espécies em perigo de extinção e o número de espécies conhecidas no meio ambiente local. A manutenção da biodiversidade é essencial para o bem-estar dos ecossistemas. A diversidade de espécies é um dos três níveis principais da biodiversidade; os

outros são a diversidade de ecossistemas e a diversidade genética. Nas cidades, os pássaros são um bom indicador da diversidade biológica (PNUMA, 2004, p. 73).

A riqueza da biodiversidade - número e variedade de espécies da flora e da fauna presentes no meio ambiente – é um excelente indicador de qualidade ambiental. Por conseguinte, a perda de biodiversidade permite avaliar o grau de comprometimento das condições de sustentabilidade da vida próprias de cada ecossistema. O indicador se refere ao número de espécies da fauna e da flora não encontradas no meio ambiente no momento de realização da avaliação em comparação a momentos anteriores em que tais espécies faziam-se presentes. O conceito de perda de biodiversidade utilizado aqui não se refere exclusivamente à extinção de espécies, mas também a sua redução significativa ou desaparecimento, mesmo sem extinção, do meio ambiente local (PNUMA, 2004, p. 86).

A percepção pública sobre o clima é importante para que os cidadãos relacionem diretamente seu estilo de vida ao meio ambiente. A qualidade de vida urbana, ligada ao microclima nas cidades, é diretamente afetada pelas emissões de gases poluentes da indústria e de veículos, pela falta de áreas verdes e pela impermeabilização do solo (PNUMA, 2004, p.92).

Dentre os indicadores observados no manual do relatório do Geo cidades, os indicadores de resposta que se adequam as perspectivas de biodiversidade urbana descrita na análise desta pesquisa consideram as seguintes justificativas: A existência de um plano diretor urbano, pressupõe uma preocupação com o ordenamento do uso e da ocupação da terra já institucionalizados. Trata-se de um indicador qualitativo para composição no processo de diagnóstico ambiental urbano (PNUMA, 2004).

Atividades de agendas ambientais locais, organizadas e elaboradas pelos governos, envolvem forte participação da comunidade e incluem questões ambientais, econômicas e sociais. Normalmente com perspectivas a longo prazo, com um plano ou programa, representa um conjunto de ações de governo local e da comunidade em geral que vise a sustentabilidade. Esse esforço de pensar o longo prazo inclui ainda a definição de metas específicas, de medidas a implementar, e a realização de monitoramento e avaliação (como auditorias, indicadores e alvos) são parte do esforço no longo prazo (PNUMA, 2004).

A importância do indicador número de ONGs ambientalistas é considerada devido a participação e o envolvimento público, importantes para a democracia local e a transparência dos processos decisórios, e vitais para a garantia do êxito dos processos vinculadas às agendas ambientais. O número de ONGs é um indicador da participação e do comprometimento públicos (PNUMA, 2004).

A estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana, representado pelo Quadro 16, resume, portanto, as conexões estabelecidas pela pesquisa em relação aos trabalhos sobre sustentabilidade urbana e biodiversidade e as categorias e subcategorias de indicadores identificadas nessas publicações.

Dentro dos objetivos propostos para esta pesquisa, pode-se obter as seguintes inferências: As propostas de avaliação de sustentabilidade urbana presentes na literatura destacam, dentro da temática, nove principais grupos que discutem sobre ecologia urbana, existência de áreas verdes urbanas, desafios para o paisagismo urbano, parques urbanos, relação cidade e sociedade e interferências da expansão urbana no meio ambiente. Percebeu-se assim que, dentre os trabalhos analisados, na escala temporal de 2008 a 2020 os estudos apresentam discussões que apontam a expansão urbana como desafio para cidades sustentáveis.

O segundo objetivo específico, categorizar os indicadores de acordo com as possibilidades de uso, apresentou quinze diferentes categorias sendo elas: Diversidade de espécies; Diversidade genética; Diversidade ecossistêmica; Espécies; Serviços ecossistêmicos; Governança e gestão; Biodiversidade nativa; Alimento; Água; Energia; Regulação; Cultura; Suporte; Valor de Uso Direto e Valor de Uso Indireto. E suas respectivas subcategorias: Riqueza de espécies; Diversidade beta; Diversidade funcional; Espécies nativas; Variedade de espécies; Espécies invasoras; Regulação da quantidade da água; Estratégias e planos de ação para biodiversidade local; Biodiversidade nativa em áreas construídas; Mudança no número de espécies nativas; Medidas de conectividade ou redes ecológicas para combater a fragmentação; Produção de alimento; Segurança alimentar; Produção sustentável de alimentos; Hortas orgânicas; Escassez de alimentos; Qualidade da água; Ciclo da água; Abastecimento de água; Disponibilidade de água urbana em relação da água rural; Águas superficiais; Conservação da água; Consumo da água; Contaminação da água; Capacidade de gestão da água; Poluição da água; Escassez de água; Abastecimento de água; Uso da água; Energia; Regulação da água; Regulação da qualidade do ar; Capacidade de regulação do clima; Regulação climática; Iniciativas de educação ambiental; Espaços de recreação; Herança cultural; Ciclagem de nutrientes; Formação do solo; Produtividade primária; Lazer; Sequestro de carbono e Polinização.

Frente a descrição dos itens que contemplam a estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana nota-se como principal potencial de contribuição do trabalho a varredura da literatura como subsídio de interpretação dos principais temas considerados relevantes frente aos autores de sustentabilidade urbana e biodiversidade.

## 6 CONCLUSÕES

Os diferentes clusters identificados na pesquisa destacam, em suas abordagens dinâmicas, o processo funcional dos ambientes em meio a crescente urbanização. Um dos pontos recorrentes em meio as pesquisas é a percepção dos habitantes das cidades frente esses processos. Grande parte das análises apontam o interesse da população em se beneficiar dos recursos das áreas verdes urbanas, como lazer e recreação. Este interesse por vezes é explorado pelo setor de governança para o engajamento da sociedade frente as questões ambientais e medidas de controle ambiental.

Os indicadores observados demonstraram que a sustentabilidade urbana depende de um conjunto de condições que vão além dos aspectos de infraestrutura. Dentre as quais, uma condição importante, considerando aspectos como clima, saúde, e serviços ambientais, é a integração da cidade com o ambiente natural. Em especial com as áreas verdes e a biodiversidade, contemplando assim as categorias que compõem a estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

As análises apresentaram uma tendência temática sobre os serviços ecossistêmicos, sugerindo que os clusters priorizam na sua maioria o valor instrumental da biodiversidade. Instrumental porque todos os artigos mencionam os serviços ecossistêmicos e os serviços ecossistêmicos são apenas uma forma de se contemplar a biodiversidade. Neste caso a biodiversidade urbana é vista como fonte de benefícios para os humanos. Há, portanto, um padrão determina as características da estrutura conceitual de indicadores de biodiversidade urbana.

Além disso, pode-se concluir que a temática ‘biodiversidade urbana’ ganhou abordagem de sustentabilidade, muito além dos seus aspectos descritivos ou de catalogação. Na literatura analisada, aparece como elemento integrador de diversos outros aspectos que compõem a qualidade de vida, como saúde, bem-estar, qualidade do ar, estética, aspectos de contemplação, dentre outros.

## REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. (2005). Justiça ambiental: narrativas de resistência ao risco social ampliado. *Encontros e caminhos: formação de educadoras (es) ambientais e coletivos educadores*. MMA: Brasília, 219-228.
- ACSERALD, H. Discursos da Sustentabilidade Urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 1, p. 79-90, 1999.
- AFIONIS, S.; MKWAMBISI, D. D.; DALLIMER, M. Lack of Cross-Sector and Cross-Level Policy Coherence and Consistency Limits Urban Green Infrastructure Implementation in Malawi. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, p. 229, 2020.
- AHERN, J. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape ecology**, n. 27, n.6, p. 1203-1212, 2013.
- AHERN, J.; CILLIERS, S.; NIEMELÄ, J. The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 254-259, 2014.
- AKÇAKAYA, H, R.; PEREIRA, H.; CANZIANI, G. Improving the rigour and usefulness of scenarios and models through ongoing evaluation and refinement. *In: IPBES. The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services*. Ferrer, S., Ninan, N., P. Leadley, P et al. (Eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, p. 348, 2016.
- ALMEIDA, S. C. C.; GONÇALVES, L. M. Indicadores de Sustentabilidade Urbana: panorama das principais ferramentas utilizadas para gestão do desenvolvimento sustentável. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 11, n. 22, p. 38-53, 2018.
- AMAZONAS, M. C. Valor ambiental em uma perspectiva heterodoxa institucional-ecológica. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 18, n. 1 (35), p. 183-212, 2009.
- AQUINO, A. R. D.; ALMEIDA, J. R.; SENNA, M. L. G. S.; DUTRA, V. C.; MARTINS, T. P. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: uma visão acadêmica**. Rio de Janeiro: Rede Sirius, p. 189, 2014
- ARREAZA, M. H. L. Urban roads and social metabolism: a sustainable development strategy for san juan, puerto rico. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 223, p. 27-38, 2017.
- AZEVEDO-SANTOS, V. M.; FEARNSIDE, P.M.; OLIVEIRA, C.S. *et al.* Removing the abyss between conservation Science and policy decisions in Brazil. **Biodivers Conserv.** v. 26, n.7, p.1745-1752, fev. 2017.
- BALAN, D. S. L. Bioensaios como indicadores ambientais no Parque Natural Municipal da Gruta, Americanas – SP. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Belo Horizonte, 2014.



- BALMFORD, A.; BENNUN, L.; TEN BRINK, B.; COOPER, D.; CÔTÉ, I. M.; CRANE, P.; WALTHER, B. A. The convention on biological diversity's 2010 target. **Science**, v. 307 (5707), p. 212-213, 2005.
- BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2018.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Ed. 70, 1977.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Ed. 70, p. 229, 2011.
- BARRERA, F.; HENRÍQUEZ, C. Monitoring the change in urban vegetation in 13 Chilean cities located in a rainfall gradient. What is the contribution of the widespread creation of new urban parks?". *In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 245, p. 723, 2017.
- BELL, S.; GRAHAM, H.; WHITE, P. C. Evaluating dual ecological and well-being benefits from an urban restoration project. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 695, 2020.
- BENCHIMOL, J. F.; DO NASCIMENTO LAMANO-FERREIRA, A. P.; FERREIRA, M. L.; CORTESE, T. T. P.; RAMOS, H. R. Decentralized management of public squares in the city of São Paulo, Brazil: Implications for urban green spaces. **Land use policy**, v. 63, p. 418-427, 2017.
- BENTON-SHORT, L.; KEELEY, M.; ROWLAND, J. Green infrastructure, green space, and sustainable urbanism: geography's important role. **Urban Geography**, v. 40 n. 3, p. 330-351, 2019.
- BERNARDINI, C.; IRVINE, K. N. The 'nature' of urban sustainability: private or public greenspaces?. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 102, 2007.
- BEUMER, C. Sustopia or Cosmopolis? A Critical Reflection on the Sustainable City. **Sustainability**, v. 9, n. 5, p. 845, 2017.
- BEUMER, C. Show me your garden and I will tell you how sustainable you are: Dutch citizens' perspectives on conserving biodiversity and promoting a sustainable urban living environment through domestic gardening. **Urban forestry & urban greening**, v. 30, p. 260-279, 2018.
- BEUMER, C.; MARTENS, P. Biodiversity in my (back) yard: towards a framework for citizen engagement in exploring biodiversity and ecosystem services in residential gardens. **Sustainability Science**, v. 10, n. 1, p. 87-100, 2015.
- BEUMER, C.; MARTENS, P. Bimby's first steps: a pilot study on the contribution of residential front-yards in Phoenix and Maastricht to biodiversity, ecosystem services and urban sustainability. **Urban Ecosystems**, v. 19, n.1, p. 45-76, 2016.
- BEZERRA M.; FERNANDES M. **Cidades sustentáveis: subsídio à preparação da Agenda 21 brasileira**. Brasília: MMA; Fortaleza: Banco do Nordeste, p. 48, 2000.

BIAGI, A. M. **O perfil da produção científica sobre capital natural na região metropolitana de Curitiba**. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

BIODIVERSITY INDICATORS PARTINERSHIP – BIP. **Biodiversity barometer**, 2017. Disponível em: <https://www.bipindicators.net/indicators/biodiversity-barometer>.

BLASI, C.; CAPOTORTI, G.; MARTA, M.; MARCHESE, M. An integrated approach to better define the concept and functions of Urban Biosphere Reserves. **Plant Biosystems**, v. 142, n. 2, p. 324-330, 2008.

BONNES, M.; UZZELL, D.; CARRUS, G.; KELAY, T. Inhabitants' and experts' assessments of environmental quality for urban sustainability. **Journal of Social Issues**, v. 63, n. 1, p. 59-78, 2007.

BOYKO, C.T.; GATERELL, M.R.; BARBER, A.R.; BROWN, J.; BRYSON, J.R.; BUTLER, D.; CAPUTO, S.; CASERIO, M.; COLES, R.; COOPER, R.; DAVIES, G. Benchmarking sustainability in cities: The role of indicators and future scenarios. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 1, p.245-254, 2012.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G.S.; CAREPA-SOUSA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, v. 14, n. 3, p. 11-33, 2009.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. G.; DUARTE, G. D. S. **Índice de sustentabilidade urbana**. Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade-AMPAS, v. 1, 2002.

BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. Constituição Federal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm) Acesso em: 15 abr. 2021.

BRINK, B. **A Long-term Biodiversity, Ecosystem and Awareness Research Network – Indicators as communication tools: an evolution towards composite indicators**. ESNC, European Centre for Nature Conservation, 2006. Disponível em: [https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/ALTERNet\\_bk.pdf](https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaLES/egm/ALTERNet_bk.pdf)

BRINK, E.; WAMSLER, C.; ADOLFSSON, M.; AXELSSON, M.; BEERY, T.; BJÖRN, H.; THIÈRE, G. On the road to ‘research municipalities’: analysing transdisciplinarity in municipal ecosystem services and adaptation planning. **Sustainability science**, v. 13, n. 3, p. 765-784, 2018.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; GERLACH, J.; HOFFMANN, M.; LAMOREUX, J. F.; MITTERMEIER, C. G.; PILGRIM, J. D.; RODRIGUES, A. S. L. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, v. 313, p. 58-61, 2006.

BROWN J, K. S. Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade de matas ciliares. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**, v. 2, p. 223-232, 2001.

BUCCHERI FILHO, A. T.; NUCCI, J. C. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. **Revista do departamento de Geografia**, v. 18, p. 48-59, 2006.

CARBONE, A. S. **Indicadores de avaliação de capital natural e de oferta e demanda de serviços ecossistêmicos para a Região Metropolitana de Curitiba**. 2019. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

CARBONE, A. S.; COUTINHO, S. M. V.; FERNANDES, V.; PHILIPPI JUNIOR, A. Ecosystem services in integrated planning of the metropolitan territory: supply, demand and pressure on water provision in the metropolitan region of Curitiba. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 381-400, 2020.

CARDOSO, M. C. **Biodiversidade Urbana: seleção e caracterização de Indicadores para Lisboa**. 68 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Biologia Animal - Universidade de Lisboa. Lisboa, 2011.

CARSON, R. **Silent spring**. New York: Houghton-Mifflin, 1962.

CARVALHO, L. S. **Incorporação de indicadores de biodiversidade em um modelo de avaliação integrada: fundamentos e perspectivas**. (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro), 2019.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C.; MOREIRA, C. G. Políticas públicas para meio ambiente na visão do gestor ambiental– Uma aplicação do modelo PER para o Semi-Árido. In: **VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, Fortaleza, 2007. Anais. Recife: VII ESBE, 2007.

CAVALCANTI DE OLIVEIRA, C.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; FERNANDES, V. Sustainability assessment methodology of urban mobility projects. **Land Use Policy**, v. 60, p. 334-342, 2017.

CAVALCANTI, C. O. **Roteiro aplicado à avaliação de sustentabilidade de projetos de mobilidade urbana**. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Positivo, Departamento de Gestão Ambiental, 2015.

CBD (CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY). **Recommendations for a core set of indicators of biological diversity**. UNEP/CBD/SBSTTA/3/Inf.13, 1997.

CBD (CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY). **Proposed biodiversity indicators relevant to the 2010 target**. UNEP/CBD/SBSTTA/9/Inf.26, 2003.

CBD (2011) City Biodiversity Index (or Singapore Index), <http://www.cbd.int/en/subnational/partners-and-initiatives/city-biodiversity-index>, consultado em Junho de 2020.

CBI (CITY BIODIVERSITY INDEX). **User's Manual for the City Biodiversity Index – Singapura**, 2010. Disponível em: <http://www.cbd.int/authorities/doc/User's%20Manual-for-the-City-Biodiversity-Index27Sept2010.pdf>. Acesso em: 09, março de 2020.

CEZARE, J. P., MALHEIROS, T. F., & PHILIPPI JR, A. (2007). Avaliação de política ambiental e sustentabilidade: estudo de caso do município de Santo André-SP. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 12, 417-425.

CHAPIN III, F. S.; ZAVALETA, E.; EVINER, V. *et al.* Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, n. 6783, 234-242, 2000.

CLARKE L.; JIANG, K.; AKIMOTO, K. *et al.* Assessing Transformation Pathways. In: **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., et al (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

CLERGEAU, P. **La biodiversité dans les stratégies d'aménagement urbain**. Métropolitiques, 2019. Disponível em: <https://www.metropolitiques.eu/La-biodiversite-dans-les-strategies-d-amenagement-urbain.html>. Acesso em: 04, julho de 2020.

COBO, M.J.; LÓPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. SciMAT: a new science mapping analysis software tool. **Journal of The American Society for Information Science and Technology**, v. 63, n. 8, p. 1609-1630, 2012.

COHEN, B. Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability. **Technology in society**, v. 28, n. 1-2, p. 63-80, 2006.

COLDING, J.; BARTHEL, S. An urban ecology critique on the “Smart City” model. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 95-101, 2017.

COLLEDGE, L.; MOYA-ANEGÓN, F.; GUERRERO-BOTE, V.; LÓPEZ-ILLESCAS, C.; EL AISATI, M.; MOED, H. SJR and SNIP: two new journal metrics in Elsevier's Scopus. **Serials**, Newbury, v.23, n.3, 2010.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – CMMAD. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro. Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>

COSTA, C. S. Áreas Verdes: um elemento chave para a sustentabilidade urbana. A abordagem do projeto Greenkeys. **Arquitextos**. São Paulo, v. 11, 2010. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.126/3672>.

COSTA, R. G. S.; COLESANTI, M. M. A contribuição da percepção ambiental nos estudos das áreas verdes. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 22, 2011

CULSHAW, M. G.; PRICE, S. J. The 2010 Hans Cloos lecture: the contribution of urban geology to the development, regeneration and conservation of cities. **Bulletin of Engineering Geology and Environment**, v. 70, n. 3, p. 333-376, 2011.

CUNHA KEMERICH, P. D.; MARTINS, S. R.; KOBİYAMA, M.; BURIOL, G. A.; DE BORBA, W. F.; RITTER, L. G. Avaliação da sustentabilidade ambiental em bacias hidrográficas mediante a aplicação do modelo PER. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2140-2150, 2013.

CUNHA KEMERICH, P. D.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3718-3722, 2014.

CUNHA, K. P. D.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3718-3722, 2014

CZECH, B.; KRAUSMAN, P. R.; DEVERS, P. K. Economic associations among causes of species endangerment in the United States: associations among causes of species endangerment in the United States reflect the integration of economic sectors, supporting the theory and evidence that economic growth proceeds at the competitive exclusion of nonhuman species in the aggregate. **Bio Science**, v. 50, n. 7, p. 593-601, 2000.

CZÚCZ, B.; ARANY, I. Indicators for ecosystem services. **Open NESS Ecosystem Services Reference Book**. EC FP7 Grant Agreement, p. 308-428, 2016.

DANIELAINI, T. T.; MAHESHWARI, B.; HAGARE, D. Defining rural–urban interfaces for understanding ecohydrological processes in West Java, Indonesia: Part II. Its application to quantify rural–urban interface ecohydrology. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 18, n. 1, p. 37-51, 2018.

DAS, M.; DAS, A. Dynamics of Urbanization and its impact on Urban Ecosystem Services (UESs): A study of a medium size town of West Bengal, Eastern India. **Journal of Urban Management**, v. 8, n. 3, p. 420-434, 2019.

DASMANN, R. F. **A Different Kind of Country**. New York: MacMillan Company, 1968.

DE LA BARRERA, F.; HENRÍQUEZ, C. Monitoring the Change in Urban Vegetation in 13 Chilean Cities Located in a Rainfall Gradient. What is the Contribution of the Widespread Creation of New Urban Parks? In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 245, n. 7, p. 072023, 2017.

DEARBORN, D.C.; KARK, S. Motivations for conserving urban biodiversity. **Conservation biology**, v. 24, p. 432-440, 2010.

DÉLÉAGE, J. P. “L’Avenir des Villes”. **Écologie et Politique**, Paris, n.13, p.13-6, printemps 1995.

DIZDAROGLU, D. Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 54, p. 119-124, 2015.

DONEVSKA, N. Trade-offs in sustainable urban development: The case of Skopje. **Journal of Environmental Studies and Sciences**, v. 7, n. 1, p. 152-159, 2017.

DORNELLES, L. M. A. **Projeto GEO Cidades no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/IPPUR, p. 133-154, 2007.

DORST, H.; VAN DER JAGT, A.; RAVEN, R.; RUNHAAR, H. Urban greening through nature-based solutions–Key characteristics of an emerging concept. **Sustainable Cities and Society**, v. 49, p. 101620, 2019.

DUELLI, P.; OBRIST, M. K. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 98, n. 1-3, p. 87-98, 2003.

ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P.J.; MCDONALD, R.I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M.; SENDSTAD, M.; SETO, K.C.; WILKINSON, C. Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment . **Springer Nature**, p. 755, 2013.

ERIXON AALTO, H.; MARCUS, L.; TORSVALL, J. Towards a Social-Ecological Urbanism: Co-Producing Knowledge through Design in the Albano Resilient Campus Project in Stockholm. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 717, 2018.

ERNSTSON, H., SÖRLIN, S. Ecosystem services as technology of globalization: On articulating values in urban nature. **Ecological Economics**, v. 86, p. 274-284, 2013.

ESI - Environmental Sustainability Index – An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environmental Task Force, **World Economic Forum**. Annual Meeting 2002.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Environmental indicators: Typology and overview**. Technical report No 25. European Environment Agency. Copenhagen, 2003.

FABRE, P.; PREVOT, A. C.; SEMAL, L. The Greater Paris, a sustainable city? Limits for urban biodiversity in emblematic metropolis plan. **Developpement durable & territoires**, v. 7, n. 1, 2016.

FAETH S. H.; BANG, C.; SAARI, S. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1223, p. 69-81, 2011.

FARIDATUL, M. I.; WU, B.; ZHU, X. Assessing long-term urban surface water changes using multi-year satellite images: A tale of two cities, Dhaka and Hong Kong. **Journal of environmental management**, v. 243, p. 287-298, 2019.

FARINHA-MARQUES, P.; LAMEIRAS, J. M.; FERNANDES, C.; SILVA, S.; GUILHERME, F. URBAN biodiversity: a review of current concepts and contributions to multidisciplinary approaches. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**. v. 24, n. 3, p. 247-271, 2011.

FELD, C. K.; MARTINS DA SILVA, P.; PAULO SOUSA, J.; DE BELLO, F.; BUGTER, R.; GRANDIN, U.; HARRISON, P. Indicators of biodiversity and ecosystem services: a synthesis across ecosystems and spatial scales. **Oikos**, v. 118, n. 12, p. 1862-1871, 2009.

- FERNANDES, M.F; BARBOSA, M. P. “Aplicações dos Indicadores Socioeconômicos e Ambientais no Modelo DPSIR (Força Motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta) e Influências na Desertificação nos Municípios de Araripina-PI, Crato e Barbalha-CE e Marcolândia-PI”. **Revista Brasileira de Geografia Física** 04 (2011) p.722-737.
- FERNANDES, E.; VIEIRA, A. Consumo Responsável. **Coleção Agrinho**, p. 553-568, 2014. Disponível em: [https://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/33\\_Consumo-responsavel.pdf](https://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/33_Consumo-responsavel.pdf).
- FERNANDES, V.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A.; SAMPAIO, C. A. C. Metodologia de avaliação estratégica de processo de gestão ambiental municipal. **Saúde e Sociedade**, v. 21, p. 128-143, 2012.
- FERNANDES, V.; PHILIPPI JR., A. Sustainability Sciences. **The Oxford Handbook of Interdisciplinarity**, p. 370, 2017.
- FERREIRA, A. E. D. M.; VIEIRA, I. C. G. Urban sustainability in the metropolitan region of Santarem, Para, Brazil in the years 2000 and 2010. **Economía, sociedad y territorio**, v. 18, n. 58, p. 763-795, 2018.
- FIGUEIREDO, P. P. R. D. A. **Transformação sustentável do território: o papel das ferramentas de avaliação do desempenho do ambiente urbano**. 213 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2017.
- FOLKE, C.; BIGGS, R.; NORSTRÖM, A. V.; REYERS, B; ROCKSTRÖM, J. Social ecological resilience and biosphere-based sustainability science. **Ecology and Society**, v. 21, n. 3, p. 41, 2016.
- FOSSÁ, M. I. T. **Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias**. 296p. Tese (Doutorado) Administração – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FRONDONI, R.; MOLLO, B.; CAPOTORTI, G. A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): Spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001. **Landscape and Urban planning**, v. 100, n. 1-2, p. 117-128, 2011.
- FURTADO, C. O Mito do Desenvolvimento Econômico. **Rio de Janeiro: Paz e Terra**, 1974.
- GLENNIE, C. Growing Together: Community Coalescence and the Social Dimensions of Urban Sustainability. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9680, 2020.
- GOMES, P. R., MALHEIROS, T. F. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 2, 2012.
- GOODNESS, J. Urban landscaping choices and people’s selection of plant traits in Cape Town, South Africa. **Environmental Science & Policy**, p.182-192, 2018.

GOPAL, D.; NAGENDRA, H.; MANTHEY, M. Vegetation in Bangalore's slums: composition, species distribution, density, diversity, and history. **Environmental management**, v. 55, n. 6, p. 1390-1401, 2015.

GROOM, M. J.; MEFFE, G. K.; CARROLL, C. R. (Eds.). **Principles of Conservation Biology**. 3. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2006.

GROOT, R.; BRANDER, L.; VAN DER PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem services**, v. 1, n. 1, p.50-61, 2012.

GROVE, J.; LOCKE D. H.; O'NEIL-DUNNE J. P. An ecology of prestige in New York City: Examining the relationships among population density, socio-economic status, group identity, and residential canopy cover. **Environmental management**, v. 54, n. 3, p. 402-419, 2014.

GU, Q.; WANG, H.; ZHENG, Y.; ZHU, J.; LI, X. Ecological footprint analysis for urban agglomeration sustainability in the middle stream of the Yangtze River. **Ecological Modelling**, v. 318, p. 86-99, 2015.

GUEDES, V. L.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: **Encontro Nacional de Ciência da Informação**, v. 6, p. 1-18, 2005.

GÜNERALP, B.; REBA, M.; HALES, B. U.; WENTZ, E. A.; SETO, K. C. Trends in urban land expansion, density, and land transitions from 1970 to 2010: a global synthesis. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 4, p. 044015, 2020.

GUTIERREZ, R. L.; FERNANDES, V.; RAUEN, W. B. Princípios protetor-recebedor e poluidor-pagador como instrumentos de incentivo à redução do consumo de água residencial no município de Curitiba (PR). **Eng Sanit Ambient**, v. 22, n. 5, p. 899-909, 2017.

HABERL, H.; MBOW, C.; DENG, X.; IRWIN, E. G.; KERR, S.; KUEMMERLE, T.; TURNER II, B. L. Finite land resources and competition. In: SETO, K. S.; REENBERG, A. (Eds.), **Rethinking Global Land Use in an Urban Era** (p. 35-69). Cambridge, MA: MIT Press. Strungmann Forum reports, v. 14, 2014.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. **World Resources Institut**. Washington, 1995.

HARDI, P.; ZDAN, T. Assessing sustainable development: principles and practice. Winnipeg: **International Institute for Sustainable Development - IISD**, 1997.

HAZELL, E. C. Disaggregating ecosystem benefits: An integrated environmental-deprivation index. **Sustainability**, v. 12, n. 18, p. 7589, 2020.



HE, C.; GAO, B.; HUANG, Q.; MA, Q.; DOU, Y. Environmental degradation in the urban areas of China: Evidence from multi-source remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v. 193, p. 65-75, 2017.

HE, C.; LIU, Z.; GOU, S.; ZHANG, Q.; ZHANG, J.; XU, L. Detecting global urban expansion over the last three decades using a fully convolutional network. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 3, p. 034008, 2019.

HERCULANO, S. A qualidade de vida e seus indicadores. **Revista Ambiente e Sociedade**. Campinas, UNICAMP/NEPAM, v. 2, p. 77-99, 1998.

HILL, S. L.L.; HARFOOT, M.; PURVIS, A.; PURVES, D. W.; COLLEN, B.; NEWBOLD, T.; BURGESS, N. D.; MACE, G. M. Reconciling Biodiversity Indicators to Guide Understanding and Action. **Conservation Letters**, v. 9, n. 6, p. 405-412, 2016.

HITCHMOUGH, J. Exotic plants and plantings in the sustainable, designed urban landscape. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, p. 380-382, 2011.

HOGAN, D. J. **População e meio ambiente: a emergência de um novo campo de estudos**. Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. 2007.

HOLT, A. R.; MEARS, M.; MALTBY, L.; WARREN, P. Understanding spatial patterns in the production of multiple urban ecosystem services. **Ecosystem services**, v. 16, p. 33-46, 2015.

HOU, Y.; ZHOU, S.; BURKHARD, B.; MÜLLER, F. Socioeconomic influences on biodiversity, ecosystem services and human well-being: A quantitative application of the DPSIR model in Jiangsu, China. **Sci. Total Environ.**, v. 490, p. 1012-1028, 2014.

HUANG, L.; WU, J.; YAN, L. Defining and measuring urban sustainability: A review of indicators. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 7, p. 1175-1193, 2015.

HUANG, Q.; LIU, Z.; HE, C.; GOU, S.; BAI, Y.; WANG, Y.; SHEN, M. The occupation of cropland by global urban expansion from 1992 to 2016 and its implications. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 8, p. 084037, 2020.

HUANG, Q.; YIN, D.; HE, C.; YAN, J.; LIU, Z.; MENG, S.; INOSTROZA, L. Linking ecosystem services and subjective well-being in rapidly urbanizing watersheds: Insights from a multilevel linear model. **Ecosystem Services**, v. 43, p. 101106, 2020.

IBES, D. C. A multi-dimensional classification and equity analysis of an urban park system: A novel methodology and case study application. **Landscape and Urban Planning**, v. 137, p. 122-137, 2015.

IKIN, K.; BEATY, R. M.; LINDENMAYER, D. B.; KNIGHT, E.; FISCHER, J.; MANNING, A. D. Pocket parks in a compact city: how do birds respond to increasing residential density?. **Landscape ecology**, v. 28, n. 1, p. 45-56, 2013.

INÁCIO, A, C, T. **Modelo de avaliação de sustentabilidade de espaços verdes urbanos.** 80 p. Dissertação (Mestrado), Arquitetura Paisagista - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa: ISA, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv38797.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE, 2010. **Sinopse do Censo Demográfico. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,** Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=9&uf=00>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE, 2015. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD),** Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, 2020. **Contas de ecossistemas: o uso da terra nos biomas brasileiros: 2000- 2018 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Coordenação de Contas Nacionais.** - Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IPBES, 2019. **Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas.** Disponível em: <https://www.ipbes.net/assessment-reports/americas>.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS – ODS 14: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. O que mostra o retrato do Brasil?,** 2019. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190711\\_cadernos\\_ODS\\_objetivo\\_14.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190711_cadernos_ODS_objetivo_14.pdf).

IPEA– INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Altas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras.** 2014. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&id=24037](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=24037).

ISLA, M. A review of the urban indicators experience and a proposal to overcome current situation. The application to the municipalities of the Barcelona province. In: **World Congress of Environmental and Resource Economists.** Isola de San Giorgio, Venice, Italy, 1998.

JACOBI, P. R. Meio ambiente e sustentabilidade. **O Município no século XXI: cenários e perspectivas.** Cepam–Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, p. 175-183, 1999.

JACOBI P. R. Meio ambiente, riscos e aprendizagem social. **Revista Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional,** v. 10, p. 346-64, 2015.

JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. Governança ambiental e economia verde. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2012.

JIMÉNEZ, M.; PÉREZ-BELMONT, P.; SCHEWENIUS, M.; LERNER, A. M.; MAZARI-HIRIART, M. Assessing the historical adaptive cycles of an urban social-ecological system and its potential future resilience: the case of Xochimilco, Mexico City. **Regional Environmental Change**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2020.

KANG, W.; CHON, J.; KIM, G. Urban Ecosystem Services: A Review of the Knowledge Components and Evolution in the 2010s. **Sustainability**, v. 12, n. 23, p. 9839, 2020.

KATTI, M.; JONES, A. R.; ÖZGÖÇ ÇAĞLAR, D.; DELCORE, H. D.; KAR GUPTA, K. The influence of structural conditions and cultural inertia on water usage and landscape decision-making in a California Metropolitan Area. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1746, 2017.

KAZEMI, F.; BEECHAM, S.; GIBBS, J. Streetscape biodiversity and the role of bioretention swales in an Australian urban environment. **Landscape and Urban Planning**, v. 101, n. 2, p. 139-148, 2011.

KAZEMI, F.; BEECHAM, S. An Integrated Approach for Selecting Biodiversity Indicators in an Australian Streetscape Study. **Acta Horticulturae**. n. 999, p. 263-269, 2013.

KAULING, M.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M. Evaluating sustainable territorial development with built capital indicators. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 50, p. 128-148, 2018.

KOEFOED, O. Urban nature as transformed practice—A case of multi-dimensional processing to increase public value in Copenhagen. **Local Economy**, v. 34, n. 6, p. 525-544, 2019.

KOHSAKA, R.; PEREIRA, H. M.; ELMQVIST, T.; CHAN, L.; MORENO PEÑARANDA, R.; MORIMOTO, Y.; INOUE, T.; IWATA, M.; NISHI, M.; DA LUZ MATHIAS, M.; CRUZ, C.S. Indicators for management of urban biodiversity and ecosystem services: city biodiversity index. In **Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities**, p. 699-718. Springer, Dordrecht, 2013.

KOWARIK, I.; FISCHER, L. K.; KENDAL, D. Biodiversity Conservation and Sustainable Urban Development. **Sustainability**. v. 12, p. 4964, 2020.

KOZAK, D.; HENDERSON, H.; DE CASTRO MAZARRO, A.; ROTBART, D.; ARADAS, R. Blue-green infrastructure (BGI) in dense urban watersheds. The case of the Medrano stream basin (MSB) in Buenos Aires. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 2163, 2020.

KRAWCZYK, A.; DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ, I.; LIS-KRZYŚCIN, A. The effect of substrate on growth and nutritional status of native xerothermic species grown in extensive green roof technology. **Ecological Engineering**, v. 108, p. 194-202, 2017.

KREMEN, C.; COLWELL, R. K.; ERWIN, T. L.; MURPHY, D. D.; NOSS, R. F.; SANJAYAN, M. A. Terrestrial Arthropod Assemblages: their use in conservation planning. **Conservation Biology**, v. 7, n. 4, p. 796-808, 1993.

KUMAR, P. Hydrocomplexity: Addressing water security and emergent environmental risks. **Water Resources Research**, v. 51, n. 7, p. 5827-5838, 2015.

LAAGE-THOMSEN, J.; BLOK, A. Civic modes of greening the city? Urban natures in-between familiar engagement and green critique. **Local Environment**, v. 25, n. 2, p. 162-178, 2020.

LEITE, C.; AWAD, J. D. C. M. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. São Paulo; Artmed, 2011.

LÉLÉ, M. Sustainable Development: A Critical Review. **World Development**, v. 19, n. 6, p. 607-621, 1991.

LEMBI, R. C.; CRONEMBERGER, C.; PICHARILLO, C.; KOFFLER, S.; SENA, P. H.; FELAPPI, J. F.; MANSUR, A. V. Urban expansion in the Atlantic Forest: applying the Nature Futures Framework to develop a conceptual model and future scenarios. **Biota Neotropica**, v. 20, 2020.

LEWIS, M. Wilderness and Conservation Science. In: LEWIS, Michael (edited by). **American Wilderness: A New History**. New York: Oxford University Press, p. 205-261, 2007.

LI, C.; ZHAO, J.; THINH, N. X.; XI, Y. Assessment of the effects of urban expansion on terrestrial carbon storage: A case study in Xuzhou City, China. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 647, 2018.

LI, F.; LIU, H.; HUISINGH, D.; WANG, Y.; WANG, R. Shifting to healthier cities with improved urban ecological infrastructure: From the perspectives of planning, implementation, governance and engineering, 2017.

LIMA, A. M. L.P; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C.; SOUSA, M.A.L.B.; FIALHO, N. DEL PICCHIA, P.C.D. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Anais... II Congresso de Arborização Urbana. São Luis, MA, p. 539-553, 1994.

LOPES, S.; COSTA M. T.; FERNÁNDEZ-LLIMÓS, F.; AMANTE, M. J.; LOPES, P. F. Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. In: **Congresso Nacional de bibliotecários, arquivistas e documentalistas**, 2012.

MAJER, J. D.; BEESTON, G. The Biodiversity Integrity Index: An Illustration Using Ants in Western Australia. **Conservation Biology**, v. 10, n. 1, p. 65-73, 1996.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**, v. 17, p. 7-20, 2008.

MANGI, M. Y.; YUE, Z.; KALWAR, S.; ALI LASHARI, Z. Comparative Analysis of Urban Development Trends of Beijing and Karachi Metropolitan Areas. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 451, 2020.

MARCZYK, G. R.; MATTEO, D.; FESTINGER D. **Essentials of research design and methodology**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2005.

MARTINE, G. **Desencadeando o potencial do crescimento urbano**. UNFPA - Fundo de População das Nações Unidas. Situação da população mundial. Nova Iorque: UNFPA, 2007.

MASNAVI, M. R.; TASA, H.; GHOBADI, M.; FARZAD BEHTASH, M. R.; NEGIN TAJI, S. Restoration and reclamation of the river valleys' landscape structure for urban sustainability using FAHP process, the case of Northern Tehran-Iran. **International Journal of Environmental Research**, v. 10, n. 1, p. 193-202, 2016.

MASSIMINI, B.; GONÇALVES, L. M. Análise de Sustentabilidade Urbana: estudo de caso do campus da Universidade Federal de São Carlos. In: **7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. Maceió, 2016.

MCCORMICK, J. **Rumo ao Paraíso: A História do Movimento Ambientalista**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1992.

MCDONALD, R. I. The effectiveness of conservation interventions to overcome the urban–environmental paradox. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1355, n. 1, p. 1-14, 2015.

MCGEOGH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, v. 73, n. 2, p.181-201, 2007.

MCMANAMAY, R. A.; NAIR, S. S.; DEROLPH, C. R.; RUDELL, B. L.; MORTON, A. M.; STEWART, R. N.; BHADURI, B. L. US cities can manage national hydrology and biodiversity using local infrastructure policy. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 36, p. 9581-9586, 2017.

MCPHEARSON, T.; KREMER, P.; HAMSTEAD, Z. A. Mapping ecosystem services in New York City: Applying a social–ecological approach in urban vacant land. **Ecosystem Services**, v. 5, p. 11-26, 2013.

MCPHEARSON, T.; PICKETT, S. T.; GRIMM, N. B.; NIEMELÄ, J.; ALBERTI, M.; ELMQVIST, T.; QURESHI, S. Advancing urban ecology toward a science of cities. **BioScience**, v. 66, n. 3, p. 198-212, 2016.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MEADOWS, D. **Indicators and Information Systems for Sustainable Development. Hartland Four Corners**, Vermont, USA: The Sustainability Institute; 1998.

MEADOWS, D. L. et al. Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade. **São Paulo: Perspectiva**, 1972.

MEA-MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Wellbeing: Current State and Trends**, Volume 1. Washington:Island Press, 2005.

MEDICI, A. C. **A questão da sustentabilidade na agenda mundial dos últimos 50 anos: conceito, histórico e perspectivas**. Primeira Edição, v. 3, 2015.

MEINE, C.; SOULÉ, M.; NOSS, R. F. A mission -driven discipline: the growth of conservation biology. **Conservation Biology**, v. 20, p. 631–651, 2006.

MELÉNDEZ-ACKERMAN, E. J.; NYTCH, C.; SANTIAGO-ACEVEDO, L.; VERDEJO-ORTIZ, J.; SANTIAGO-BARTOLOMEI, R.; RAMOS-SANTIAGO, L.; MUNOZ-ERICKSON, T. Synthesis of household yard area dynamics in the city of San Juan using multi-scalar social-ecological perspectives. **Sustainability**, v. 8, p. 481, 2016.

MELLO, S.S.; TRAJBER, R. **Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental. Brasília: UNESCO, 2007, 248 p.

MINELLA, F. C. O.; KRÜGER, E. L. **Proposição do índice “fração vegetada” e sua relação com alterações na temperatura do ar e no conforto térmico no período diurno e em situação de verão para Curitiba**. *Ambiente Construído*, v. 17, n. 1, p. 353-371, 2017.

MDR. Ministério de Desenvolvimento Regional. **Política Nacional de Desenvolvimento Urbano – PNDU**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano>. Acesso, Março de 2021.

MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (Eds.). **Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997.

MORAES, S.R.R.; TUROLLA F.A. Visão geral dos problemas e da política ambiental no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.34, n.4, p. 7-14, 2004.

MORAN, E. F. Meio ambiente e ciências sociais: interações homem-ambiente e sustentabilidade. São Paulo: Senac, **Sociedade & Natureza**, p. 307, 2011.

MORERO, A.M.; SANTOS, R.F.; FIDALGO, E.C.C. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso de Campinas-SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 1, p. 19-30, 2007.

MORI, K.; CHRISTODOULOU, A. Review of sustainability indices and indicators: towards a new City Sustainability Index (CSI). **Environmental Impact Assessment Review**. v. 32, n. 1, p. 94-106, 2012.

MULLER, N.; IGNATIEVA, M.; NILON, C. H.; WERNER, P.; ZIPPERER, W. C. Patterns and trends in urban biodiversity and landscape design. In: **Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities**. p. 123-174, 2013.

MÜLLER, N.; WERNER, P. Urban Biodiversity and the Case for Implementing the Convention on Biological Diversity in Towns and Cities. **Urban Biodiversity and Design**. p.1-33, 2010.

MYCOO, M. Urban sustainability in Caribbean Small Island Developing States: a conceptual framework for urban planning using a case study of Trinidad. **International Development Planning Review**, v. 40, n. 2, p. 143-175, 2018.

NASH, R. **Wilderness and the American Mind**. Yale: Yale University Press, 2001.

NERO, B. F. Woody species and trait diversity-functional relations of green spaces in Kumasi, Ghana. **Urban Ecosystems**, v. 22, n. 3, p. 593-607, 2019.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F. S. T. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 2, p. 81-115, 2000.

NOMALER, Ö.; VERSPAGEN, B. Knowledge flows, patents citations and the impact of Science on technology. **Economic Systems Research. London**, v. 20, n. 4, p. 339-366, 2008.

O'DONOGHUE, A.; SHACKLETON, C. M. Current and potential carbon stocks of trees in urban parking lots in towns of the Eastern Cape, South Africa. **Urban forestry & urban greening**, v. 12, n. 4, p. 443-449, 2013.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1988. 434 p

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. Fundamentos de ecologia. São Paulo: **Cengage Learning**, 2011.

OECD - ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, core set of indicators for environmental performance reviews. **A synthesis report by the Group on the State of the Environment**. Paris, 1993.

OECD, 2003. **Environmental Indicators: Development, measurement and use. Reference paper**. 37 p. Disponível em: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>. Acesso em: 02, março de 2020.

O-ECO. **O que são as Metas de Aichi**, 2014. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28727-o-que-sao-as-metas-de-aichi/>

O-ECO. **O que é a Economia Verde?** 2015. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28986-o-que-e-a-economia-verde/>

OH, K.; LEE, D.; PARK, C. Urban ecological network planning for sustainable landscape management. **Journal of Urban Technology**, v. 18, n. 4, p. 39-59, 2011.

OLIVEIRA, B.; SIQUEIRA, P. T. Indicadores ambientais para o monitoramento de parques urbanos. **InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, 2010.

ONU– Organização das Nações Unidas. **The Sustainable Development Goals –Report 2019**, 2019.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015.

ONU – Organização das Nações Unidas. Marcos ambientais: Linha do tempo dos 75 anos da ONU. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/news-and-stories/story/environmental-moments-un75-timeline>. Acesso em: maio de 2021.

PAUL, S.; BARDHAN, S. Biodiversity accounting of cities: a case study of Kolkata, India. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 226, p. 815-826, 2017.

PEREIRA, F. S.; VIEIRA, Ima Célia Guimarães. Expansão ... **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 731-744, set. 2016.

PETER, N. et al. Environmental Indicators for National State of the Environment Reporting: Human Settlements. **Department of the Environment**, 1998.

PHAM, T. H. Y. SHAHROUR, I.; ALJER, A.; LEPRETRE, A.; PERNIN, C.; OUNAIES, S. Smart Monitoring for Urban Biodiversity Preservation. **Lecture Notes in Civil Engineering**, p. 1123-1128, 2019.

PHILIPPI JR, A.; ROMERO, M. A.; COLLET, G. B. "Curso de gestão ambiental." In **Curso de gestão ambiental**, p. 1245, 2014.

PHILIPPI JR.; ANDREOLI, C. V.; BRUNA, G. C.; FERNANDES, V. Histórico e evolução do sistema de gestão ambiental no Brasil. In: **Curso de gestão ambiental**, v. 2, p. 19-50, 2015.

PHILIPPI JR, A. Ambiente, saúde & sustentabilidade no contexto das cidades. **Acta Paulista de Enfermagem**, 30(3), III-VI, 2017.

PICKETT S. T. A.; CADENASSO, M. L, GROVE, J. M. Sistemas ecológicos urbanos: fundamentos científicos e uma década de progresso. **Environ Manag**, v. 92, p. 331–362, 2011.

PINTER, L.; KAVEH Z.; DAVID R. C. **Capacity building for integrated environmental assessment and reporting: training manual**. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, MB, CA, 2000.

PNUMA-PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Metodologia para a elaboração de Relatórios GEO Cidades**, 2004.

PNUMA-PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Projeto Geo Cidades: relatório ambiental urbano integrado** – Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PNUMA/MMA/IBAM/ISER/REDEH; 2007.

PORRECA, L. M. Monitoramento ambiental. In: **Guia de chefe – Manual de apoio ao gerenciamento das unidades de conservação federais**. Brasília: Ibama/GTZ, 2001.

POUPART, J. et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. 4 ed. Petrópolis: Vozes, 2008.



POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos avançados**, 31, 271-283, 2017.

PRATES, A. P. L.; IRVING, M. D. A. Biodiversity Conservation and Public Policies for Protected Areas in Brazil: Challenges and Trends from the Origin of the CDB until the Aichi Targets. **Braz. J. Pub. Pol'y**, v. 5, n. 28, 2015.

PRIMACK, R. B. *Essentials of conservation biology*—Sinauer Associates. **Inc., Massachusetts**, 1993.

QIU, T.; SONG, C.; ZHANG, Y.; LIU, H.; VOSE, J. M. Urbanization and climate change jointly shift land surface phenology in the northern mid-latitude large cities. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, p. 111-477, 2020.

Qu, Y.; Lu, M. Identifying conservation priorities and management strategies based on ecosystem services to improve urban sustainability in Harbin, China. **PeerJ**, v. 6, 2018.

QUIROGA, R. M. **Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe**. División de Estadística y Proyecciones Económicas, Chile, 2007.

QUIROGA, R. M. **Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y de Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y Perspectivas**. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Chile, 2011.

QUIROGA, R. Methodological guide for developing environmental and sustainable development indicators. **In Latin American and Caribbean countries**. Chile, 2009.

QUIROGA, R. M. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas**. Cepal, p. 116, 2001.

REBELE, F. Urban ecology and special features of urban ecosystems. **Global ecology and biogeography letters**, p. 173-187, 1994.

REYES, R.; BUSTAMANTE, W.; GIRONÁS, J.; PASTÉN, P. A.; ROJAS, V.; SUÁREZ, F.; BONILLA, C. A. Effect of substrate depth and roof layers on green roof temperature and water requirements in a semi-arid climate. **Ecological Engineering**, v. 97, p. 624-632, 2016.

RICKLEFS, R. E. Evolutionary diversification, coevolution between populations and their antagonists, and the filling of niche space. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 4, p. 1265-1272, 2010.

RIECHERS, M.; BARKMANN, J.; TSCHARNTKE, T. Diverging perceptions by social groups on cultural ecosystem services provided by urban green. **Landscape and Urban Planning**, v. 175, p. 161-168, 2018.

ROBERT, K. W.; PARRIS, T. M.; LEISEROWITZ, A. A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. **Environment: science and policy for sustainable development**, v. 47, n. 3, p. 8-21, 2005.

SALLES, R. F.; FERNANDES, V.; LIMONT, M. Capital social e sustentabilidade: uma relação intrínseca. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 24, p. 42, 2017.

ROCHA, S. F.; FERNANDES V.; LIMONT, M. Capital social e sustentabilidade: uma relação intrínseca. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, p. 398-411, 2017.

ROMA, J. C. Biodiversidade e serviços ecossistêmicos: uma agenda positiva para o desenvolvimento sustentável. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)**, v. 2, p. 524, 2014.

ROMÁN-GUILLÉN, L. M.; ORANTES-GARCÍA, C.; DEL CARPIO-PENAGOS, C. U.; SÁNCHEZ-CORTÉS, M. S.; BALLINAS-AQUINO, M. L.; FARRERA, S. Tree alignment diagnosis of the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas. **Madera y Bosques**, v. 25, n. 1, 2019.

ROUNSEVELL, M.D.A.; DAWSON, T.P.; HARRISON, P.A. A conceptual framework to assess the effects of environmental change on ecosystem services. **Biodivers. Conserv.** v. 19, p. 2823-2842, 2010.

RUBIO, M.; FIGUEROA, F.; ZAMBRANO, L. Dissonant Views of Socioecological Problems. **Conservation & Society**, v. 18, n. 3, p. 207-219, 2020.

RUSSO, A.; ESCOBEDO, F. J.; CIRELLA, G. T.; ZERBE, S. Edible green infrastructure: An approach and review of provisioning ecosystem services and disservices in urban environments. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 242, p. 53-66, 2017.

RUSSO, A.; CIRELLA, G. T. Urban sustainability: integrating ecology in city design and planning. In: **Sustainable Human–Nature Relations**. Springer, Singapore, 2020.

SACHS, I. Barricadas de ontem, Campos de futuro. **Estudos avançados**. v. 24 n. 68, p. 25-38, 2010.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Editora Garamond, 2000.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: **BURSZTYN, M. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Brasiliense, p. 29-56, 1993.

SACHS, I. **Rumo à Ecosocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento**. Organização: Paulo Freire Vieira. São Paulo: Editora Cortez, p. 472, 2007.

SAETA, F. P. **Sustentabilidade urbana: o desafio da construção de indicadores de sustentabilidade urbana**. 196 f. Dissertação (Mestrado). Arquitetura e Urbanismo – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

SALDARRIAGA, N.; SHRESTHA, K. K.; MCMANUS, P.; BAJRACHARYA, A. Greening Sydney: attitudes, barriers and opportunities for tree planting. **Australian Geographer**, v. 51, n. 4, p. 469-488, 2020.

- SALOMON, M. J.; WATTS-WILLIAMS, S. J.; MCLAUGHLIN, M. J.; CAVAGNARO, T. R. Urban soil health: A city-wide survey of chemical and biological properties of urban agriculture soils. **Journal of Cleaner Production**, v. 275, p. 122900, 2020.
- SANTOS, M. et al. **Biodiversidade na Cidade de Lisboa: uma Estratégia para 2020**. Documento Técnico. Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa, 2012.
- SARKAR, Sahotra. Defining "Biodiversity", Assessing Biodiversity. **The Monist**, v. 85, n. 1, p. 131-155, 2002.
- SAVARD, J. P. L.; CLERGEAU, P.; MENNECHEZ, G. Biodiversity concept sand urban ecosystems. **Landscape and Urban Planning**, v. 48, n. 3-4, p.131-142, 2000.
- SAYAGO, D.; PINTO, M. O. Plano Diretor: instrumento de política urbana e gestão ambiental. In: **VI Encontro Nacional de Economia Ecológica**, Brasília, 2005.
- SCARANO, F. R. et al. **Potencia Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil**. Sumário para Tomadores de Decisão, 1ª ed. PBMC/COPPEUFRJ, Rio de Janeiro, 2018.
- SCHEBELLA, M. F.; WEBER, D.; SCHULTZ, L.; WEINSTEIN, P. In Pursuit of Urban Sustainability: Predicting public perceptions of park biodiversity using simple assessment tools. **International Journal of Environmental Research**, v. 13, n. 4, p. 707-720, 2019.
- SCHNEIDER, A. K.; STROHBACH, M. W.; APP, M.; SCHRÖDER, B. The 'GartenApp': Assessing and communicating the ecological potential of private gardens. **Sustainability**, v. 12, n.1, p. 95, 2020.
- SCHUSSEL, Z. G. L. O desenvolvimento urbano sustentável uma utopia possível. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 9, 2004.
- SEARNS, R. M. Evolution of greenways as an adaptive urban landscape form: Landscape and Urban Planning. **Landscape Urban Plann.**, vol. 33, no. 1-3, pp. 65-80, Oct 1995.
- SHARIFI, A. Urban Resilience Assessment: mapping knowledge structure and trends. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 5918, 2020.
- SHELHAMER, E; LONG, J; DARRELL, T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. **Ieee Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence**, v. 39, n. 4, p. 640-651, 1 abr. 2017.
- SHI, P.; YU, D. Assessing urban environmental resources and services of Shenzhen, China: A landscape-based approach for urban planning and sustainability. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 290-297, 2014.
- SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E., ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & sociedade**. v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, G. J. A., ROMERO, M. A. B. O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI (parte 01). *Arquitextos, Vitruvius*, São Paulo, v. 128.03, 2011.

SILVA, J.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; RAUEN, W. B. Sustainable development assessment from a capitals perspective: Analytical structure and indicator selection criteria. *Journal of Environmental Management.*, v. 15, n. 260, p. 110-147, 2020.

SILVA, J. M. M.; OLIVEIRA, J. G. B.; BOHN, L.; SAMPAIO, C. A. C. Cyklistforbundet: da ecossocioeconomia à convivencialidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, v.41, p.19-39, 2017.

SILVA, J.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; ANDREOLI, C. V.; RAUEN, W. B. 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.

SOMA, K.; DIJKSHOORN-DEKKER, M. W. C.; POLMAN, N. B. P. Stakeholder contributions through transitions towards urban sustainability. *Sustainable cities and society*, v. 37, p. 438-450, 2018.

SOULÉ, M. E.; WILCOX, B. A. **Conservation Biology: An evolutionary-ecological perspective**. Massachusetts: Sinauer, 1980.

SOUZA, P. F. D. A. **Sustentabilidade e responsabilidade social no design do produto: rumo à definição de indicadores** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo), 2007.

STOLTZ, J.; SCHAFFER, C. Salutogenic affordances and sustainability: Multiple benefits with edible forest gardens in urban green spaces. *Frontiers in psychology*, v. 9, p. 2344, 2018.

STRASSBURG, B. B.; IRIBARREM, A.; BEYER, H. L.; CORDEIRO, C. L.; CROUZEILLES, R.; JAKOVAC, C. C.; BROOKS, T. M. Global priority areas for ecosystem restoration. *Nature*, p. 724-729, 2020.

TAN, P. Y.; BIN ABDUL HAMID, A. R. Urban ecological research in Singapore and its relevance to the advancement of urban ecology and sustainability. *Landscape and Urban Planning*, v. 125, p. 271-289, 2014.

TARSITANO, E. Interaction between the environment and animals in urban settings: integrated and participatory planning. *Environmental management*, v. 38, n. 5, p. 799-809, 2006.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. *Saúde e Sociedade*. v. 15, n. 1, p. 84-95, 2006.

TERLAU, W.; HIRSCH, D. Sustainable consumption and the attitude-behaviour-gap phenomenon-causes and measurements towards a sustainable development. *International Journal on Food System Dynamics*, v. 6, n. 3, p. 159-174, 2015.

TSCHERNING, K.; HELMING, K.; KRIPPNER, B.; SIEBER, S.; GOMEZ Y.; PALOMA, S. Does research applying the DPSIR framework support decision making? **Land Use Policy**, v. 29, p. 102-110, 2012.

UCHIYAMA, Y.; HAYASHI, K.; KOHSAKA, R. Typology of Cities Based on City Biodiversity Index: exploring biodiversity potentials and possible collaborations among Japanese cities. **Sustainability**, v. 7, n. 10, p. 14371-14384, 2015.

UCHIYAMA, Y.; KOHSAKA, R. Application of the City Biodiversity Index to populated cities in Japan: influence of the social and ecological characteristics on indicator-based management. **Ecological Indicators**, v. 106, p. 105420, 2019.

UNEP/CBD/COP 7. **Implementation of the strategic plan. Evaluation of progress towards the 2010 biodiversity target**: development of specific targets, indicators and a reporting framework. 7<sup>th</sup> Meet. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice to the Convention on Biological Diversity, Kuala Lumpur, 2003.

UN- UNITED NATIONS. **Relatório de progresso do Pacto Global das Nações Unidas de 2017: Soluções de negócios para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://www.unglobalcompact.org/library/5431>

UN-UNITED NATIONS. **World urbanization prospects**, 2009. New York: DESA, Population Division, 2010.

UNEP- UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Geo 5:environment for the future we want**. Nairobi: UNEP, 2012.

UN-HABITAT-UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME-**World Cities Report 2016**. Nairobi: UN-Habitat. Disponível em: <https://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/WCR-2016-Full-Report.pdf>

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos eBAPE. Br**, v. 2, n. 1, p. 01-14, 2004.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 250 f. Tese (Doutorado). Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV - Fundação Getúlio Vargas, 2005, 253 p.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. CitNetExplorer: A new software tool for analyzing and visualizing citation networks. **Journal of Informetrics**, v. 8, P. 802–823, 2014.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: vosviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2009.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 2010.

VIEIRA, C. F. A polidez climática através das Conferências das Partes: ensaio político. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S.L.], v. 5, n. 9, p. 75-87, 2018.

VIEIRA, E. S. **Indicadores bibliométricos de desempenho científico: estudo da aplicação de indicadores na avaliação individual do desempenho científico**. 2013. 211f. Tese. (Doutorado em Engenharia Industrial e Gestão) – Universidade do Porto, Portugal, 2013.

VIEIRA, G. H. B.; DE SOUZA, P. S. O Tratado de Cooperação Amazônica e a Conferência das Nações Unidas Sobre Desenvolvimento Sustentável. **Revista de Direito Brasileira**, v. 4, n. 3, p. 383-399, 2013.

VILA-RUIZ, C. P.; MELÉNDEZ-ACKERMAN, E.; SANTIAGO-BARTOLOMEI, R.; GARCIA-MONTIEL, D.; LASTRA, L.; FIGUEROLA, C. E.; FUMERO-CABAN, J. Plant species richness and abundance in residential yards across a tropical watershed: implications for urban sustainability. **Ecology and Society**, v. 19, n. 3, 2014.

WANG, J.; PAULEIT, S.; BANZHAF, E. An Integrated Indicator Framework for the Assessment of Multifunctional Green Infrastructure-Exemplified in a European City. **Remote Sensing**, v. 11, n. 16, p. 1869, 2019.

WCED-WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development**. 1987.

WERNER, P. The ecology of urban areas and their functions for species diversity. **Landscape and Ecological Engineering**, v. 7, n. 2, p. 231-240, 2011.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo**, Instituto Socioambiental, 2008.

WHITTAKER, R. H. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. **Ecological Monographs**, v. 30, p. 279-338, 1960.

WILSON, E. O.; PETER, F. M. **Biodiversity**. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academies Press, 1988.

WILSON, E. O. (Org.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

WOLF, K. L. Strip malls, city trees, and community values. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 35, p. 33-40, 2009.

WU, J. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. **Landscape and urban planning**, v. 125, p. 209-221, 2014.

WU, J.; XIANG, W. N.; ZHAO, J. Urban ecology in China: Historical developments and future directions. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 222-233, 2014.

WU, J.; WU, T. Sustainability indicators and indices: an overview. **In Handbook of sustainability management**, p. 65-86, 2012.

XIE, W.; HUANG, Q.; HE, C.; ZHAO, X. Projecting the impacts of urban expansion on simultaneous losses of ecosystem services: A case study in Beijing, China. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 183-193, 2018.

ZALEWSKI, M.; HARPER, D.M.; DEMARS, B.; JOLA 'NKAI, G.; CROSA, G.; JANAUER, G.A.; PACINI, N., 2008. Linking biological and physical processes at the river basin scale: the origins, scientific background and scope of ecohydrology. In: HARPER, D.Z.M.; PACINI, N. (EDS.), **Ecohydrology: Processes, Models and Case Studies: An Approach to the Sustainable Management of Water Resources**. CAB International, London

ZANGALLI JR, P. C. Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 291-302, 2013.

ZASADA, I.; WELTIN, M., ZOLL, F.; BENNINGER, S. L. Home gardening practice in Pune (India), the role of communities, urban environment and the contribution to urban sustainability. **Urban Ecosystems**, v. 23, n. 2, p. 403-417, 2020.

ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A.; SAPARAUSKAS, J. Sustainable urban development and web-based multiple criteria analysis. **Foundations of Civil and Environmental Engineering**, v. 6, p. 217-226, 2005,

## ANEXOS

## ANEXO 1 – INDICADORES PROPOSTOS PELO RELATÓRIO GEO CIDADES

(Continua)

INDICADORES DE PRESSÃO
CRESCIMENTO POPULACIONAL
ÍNDICE DE GINI DA DESIGUALDADE DE RENDA
ÁREA E POPULAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS URBANOS FORMAIS E INFORMAIS
MUDANÇA DE SOLO NÃO URBANO PARA URBANO
REDUÇÃO DA COBERTURA VEGETAL
DISTRIBUIÇÃO MODAL
TAXA DE MOTORIZAÇÃO
CONSUMO ANUAL DE ENERGIA, PER CAPITA
CONSUMO DE ÁGUA
PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
VOLUME TOTAL DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS NÃO TRATADAS
EMISSIONES ATMOSFÉRICAS
EMISSIONES DE GASES PRODUTORES DE CHUVA ÁCIDA
INDICADORES DE ESTADO
QUALIDADE DO AR
ESCASSEZ DE ÁGUA (FREQUÊNCIA, EXTENSÃO, DURAÇÃO)
QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO
SÍTIOS CONTAMINADOS

Fonte: PNUMA, 2004.



**ANEXO 1 – INDICADORES PROPOSTOS PELO RELATÓRIO GEO CIDADES****(Continua)**

COBERTURA VEGETAL
ESPÉCIES EXTINTAS OU AMEAÇADAS/ESPÉCIES CONHECIDAS
PORCENTAGEM DE ÁREAS (CENTROS HISTÓRICOS OU EDIFICAÇÕES) DETERIORADAS EM RELAÇÃO À ÁREA URBANA CONSTRUÍDA
<b>INDICADORES DE IMPACTO</b>
PERDA DE BIODIVERSIDADE
INCIDÊNCIA DE ENFERMIDADES DE VEICULAÇÃO HÍDRICA
INCIDÊNCIA DE ENFERMIDADES CÁRDIO-RESPIRATÓRIAS
INCIDÊNCIA DE ENFERMIDADES POR INTOXICAÇÃO E CONTAMINAÇÃO
ALTERAÇÃO DO MICROCLIMA
POPULAÇÃO RESIDENTE EM ÁREAS DE VULNERABILIDADE URBANA
INCIDENCIA DE INUNDAÇÕES, DESMORONAMENTOS, ETC
TAXA DE CRIMINALIDADE JUVENIL (VER ATO INFRACIONAL)
DESPESAS COM SAÚDE PÚBLICA DEVIDO À INCIDÊNCIA DE ENFERMIDADES DE VEICULAÇÃO HÍDRICA
CUSTOS DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DA ÁGUA
DESPESAS COM OBRAS DE CONTENÇÃO E PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS
DESPESAS COM RECUPERAÇÃO DE MONUMENTOS E/OU CENTROS HISTÓRICOS
DESVALORIZAÇÃO IMOBILIÁRIA
PERDA DE ARRECADAÇÃO FISCAL
PERDA DA ATRATIVIDADE URBANA
PORCENTAGEM DE ÁREAS DE INSTABILIDADE GEOLÓGICA OCUPADAS (ÁREAS DE RISCO)

Fonte: PNUMA, 2004.

**ANEXO 1 – INDICADORES PROPOSTOS PELO RELATÓRIO GEO CIDADES**  
(Conclusão)

INDICADORES DE RESPOSTA
PLANO DIRETOR URBANO
LEGISLAÇÃO DE PROTEÇÃO A MANANCIAS
REGULAMENTAÇÃO E CONTROLE DE EMISSÕES DE FONTES MÓVEIS E FIXAS
PRESENÇA DE ATIVIDADES DE AGENDA 21 LOCAL
EDUCAÇÃO AMBIENTAL
NÚMERO DE ONGS AMBIENTALISTAS
TRIBUTAÇÃO COM BASE NO PRINCÍPIO POLUIDOR-PAGADOR E/OU USUÁRIO PAGADOR
NOTIFICAÇÕES PREVENTIVAS E MULTAS POR VIOLAÇÕES DAS NORMAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
LIGAÇÕES DOMICILIARES
TOTAL DE ÁREAS REABILITADAS EM RELAÇÃO AO TOTAL DE ÁREAS DEGRADADAS
INVESTIMENTOS EM ÁREAS VERDES
INVESTIMENTOS EM RECUPERAÇÃO AMBIENTAL
INVESTIMENTOS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS SANITÁRIOS
INVESTIMENTOS EM GESTÃO DE RESÍDUOS
INVESTIMENTOS EM TRANSPORTE PÚBLICO

Fonte: PNUMA, 2004.

**ANEXO 2 - INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE URBANA PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE PEQUIM (CHINA) E KARACHI (PAQUISTÃO).**

Indicators (j)	Units	Index Properties (i)
<b>Social Aspect</b>		
Soc <sub>1</sub> –Population	Per 10 thousand persons	Negative
Soc <sub>2</sub> –General middle schools	Number	Positive
Soc <sub>3</sub> –Enrolled students in general middle school	Number	Positive
Soc <sub>4</sub> –New enrollment in general middle school	Number	Positive
Soc <sub>5</sub> –Teacher–student ratio in middle school	Number	Positive
Soc <sub>6</sub> –Health institutions	Number	Positive
Soc <sub>7</sub> –Beds in health care facilities	Number	Positive
Soc <sub>8</sub> –Doctors	Per thousand persons	Positive
Soc <sub>9</sub> –Nurses	Per thousand persons	Positive
Soc <sub>10</sub> –Beds in health care facilities	Per thousand persons	Positive
Soc <sub>11</sub> –Criminal cases detected by security departments	Number	Negative
<b>Economic Aspect</b>		
Econ <sub>1</sub> –Per capita annual disposable income	Dollar (\$)	Positive
Econ <sub>2</sub> –Per capita annual expenditures	Dollar (\$)	Negative
Econ <sub>3</sub> –Unemployment rate	Per 10 thousand persons	Negative
Econ <sub>4</sub> –Government funds budgetary revenue	\$100 million	Positive
Econ <sub>5</sub> –Government funds budgetary expenditures	\$100 million	Positive
Econ <sub>6</sub> –Electricity production	100 million kWh	Positive
Econ <sub>7</sub> –Electricity consumption	10 thousand kWh	Negative
Econ <sub>8</sub> –Per capita electricity consumption	kWh	Negative
Econ <sub>9</sub> –Health expenditure by government	\$100 million	Positive
<b>Environmental Aspect</b>		
Env <sub>1</sub> –Urbanization rate	%	Negative
Env <sub>2</sub> –Population density	Persons/sq.km	Negative
Env <sub>3</sub> –Per capita water resources	cu.m/person	Positive
Env <sub>4</sub> –Average temperature	Celsius	Negative
Env <sub>5</sub> –Sewage treatment capacity	10 thousand cu.m/day	Negative
Env <sub>6</sub> –Sewage treatment rate	%	Positive
Env <sub>7</sub> –Domestic waste removed and transported	Thousand (1000) tons	Negative
Env <sub>8</sub> –Volume of waste /disposed	Thousand (1000) tons	Negative
Env <sub>9</sub> –Percentage of waste treated	%	Positive
Env <sub>10</sub> –Daily average of PM2.5 (Particulate Matter in the air with a diameter less than or equal to 2.5 micrometers) in the year	ug/cu.m	Negative
Env <sub>11</sub> –Area of urban roads	10 thousand sq.m	Positive
Env <sub>12</sub> –Area of urban roads	Per person sq.m	Positive
Env <sub>13</sub> –Public transport vehicles (buses)	Number	Negative
Env <sub>14</sub> –General production capacity of tap water supply	10 thousand cu.m/day	Positive
Env <sub>15</sub> –Fire brigades	Number	Positive
Env <sub>16</sub> –Fire control vehicles	Number	Positive

Fonte: Mangi et al, 2020.

## ANEXO 3 - PLANO DE AÇÃO INTEGRADO E PARTICIPATIVO EM AMBIENTES URBANOS.

(Continua)

Table 1 Integrated and participatory action plan in urban settings.

COMPONENTS OF THE PROGRAM
<p><b>Acknowledging and defining the problem</b> The definition and classification of the relevant issue includes defining neighboring "urban areas" and "extra-urban areas". The aim is to correctly frame and avoid thwarting subsequent control activities</p>
<p><b>General interfaces with the territory</b> Relations with rural areas. Relations with water management plans. Relations with road network. Relations with urban and industrial communities and the problem of dispersion. Relations with parks and sports/recreational facilities. Planning processes. Aims of the plan Preliminary data and documents: Orographic and geological status. Geographical/demographical data: town perimeter, total area of district affected by the plan, resident town population, total district population, mean population density, seasonal population flows (tourism, employment, trade fairs). Climactic data: mean annual and monthly temperature, mean annual and monthly rainfall, humidity, wind conditions. Altimetric data: variations or uniformity of altitude. Pedological data: soil type (limestone, clay, sand etc.), tendency of area towards stagnation of water, presence of aggregates. Eco-environmental data. Subsoil and water table data. Data on critical spots along the coast. Data on air and sea ports. Data on number of drainage holes in streets. Pumping stations and storage facilities, rainwater tanks. Water purification plants. Sewerage system. Water supply. Waste storage and disposal facilities. Data on most important channels. Hydraulic load on water courses. Irrigation water distribution schedule.</p>
<p><b>Mapping and monitoring the territory</b> Following a detailed preliminary analysis, the territory needs to be mapped using appropriate cartographic resources; this task may be completed during the planning phase.</p>
<p><b>Choosing the strategy</b> When choosing among various strategic options, a global assessment of possible alternatives must include economic and financial considerations, alongside other criteria such as: Presence of protected areas Impact on water bodies and the ecological balance Operating safety Odor and noise emissions Risks associated with products used Impact on non-target flora and fauna Time-related effects (urgency, stages of completion)</p>
<p><b>Funding</b> Funding may be supplied at the EU, national, regional, provincial and city council level, depending on the severity and extent of the problem. For identical problems in neighboring towns, planning should give preference to integrated solutions, via coordinated agreements with the various towns and Provinces and the competent Regional authorities. Naturally the outcome of this approach will be to optimize the cost/benefit ratio, and increase the likelihood of the initiative's success.</p>
<p><b>Operating plan</b> This stage consists in processing the data gathered as per the abovementioned points and drafting a details plan based on: Operational methods and procedures Sampling methodology Laboratory analyses and testing Identification of areas requiring corrective action Training of operating personnel Overall financial plan</p>
<p><b>Continuous assessment of results</b> Accordingly, it is essential to use various methods to continuously monitor the results of the program, including: Reviewing the outcome of the project Gauging the level of familiarity with the project on the part of the citizenry Assessing financial resources Seeking the financial support of members of the business community who care about the success of the project In this stage, it is useful to monitor other parameters such as the development of resistance, and any increase in the spread of the problem.</p>
<p><b>Program expansion based on control activities</b> The plan is subject to modification and re-arrangement at any time based on the outcome of continuous inspections and monitoring activities, which will provide invaluable indications for steering the future direction of the action plan, and fine-tuning strategic decisions to maintain and strengthen the plan.</p>

Fonte: Tarsitano, 2006.

## ANEXO 3 - PLANO DE AÇÃO INTEGRADO E PARTICIPATIVO EM AMBIENTES URBANOS.

(Continua)

Table 2 Integrated and participatory management

MANAGEMENT COMPONENTS
<p><b>Management of the environment</b>            These actions include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-promoting the natural outflow of ground waters, by removing waste that obstructs waterway beds, and by leveling counter-slopes;</li> <li>-preventing the beds of depressions from becoming waterproof due to dumping of fine materials (including, but not limited to aggregates);</li> <li>-examine and complete sewerage systems so as to avoid areas of stagnation such as trapdoors, where raw sewage can harbor many insect species;</li> <li>-combat illegal dumping of fluid and solid wastes;</li> <li>-adopt effective coastline management systems. Coastal cities are characterized by principally rocky coastlines, where rock-pools are often formed even in the vicinity of "promenades". These cavities in the rocks become filled with a combination of seawater and rainwater: these conditions offer the perfect degree of salinity for the growth of Diptera larvae. Clearly, the preliminary remediation of areas prone to stagnating ground water can be undertaken after a sufficiently in-depth investigation to discover:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) the nature and origin of the water: it may be rainwater, or water coming from legal or illegal landfills;</li> <li>2) the climatic conditions and pluviometric status of the area under examination. Such a study, based on multi-annual observations, and including an assessment of the dimension of the discharges, will help to establish if and when conditions favorable to stagnating water occur during the year.</li> <li>3) the duration of pools, depending on air temperatures and the amount of incoming water, but primarily the permeability of the substrate.</li> <li>4) the nature and condition of outcropping rocks (including backfill, and in the subsoil (composition, granulometry, degree of cementation, fissuring, permeability, etc.</li> <li>5) morphology of the area, identification of surface features that may favor the channeling of water, a study of the size and current status of hydrographic basins.</li> </ol> </li> </ul> <p><b>Planning of urban parks and gardens</b>            Parks and gardens perform a multitude of functions in cities: they contribute to defending nature and safeguarding biodiversity, representing a mosaic of varied biotopes, and to defending and enhancing the urban landscape.</p> <p><b>Establishment and management of animal rights offices</b></p> <p><b>I – PRINCIPAL ACTIVITIES</b></p> <p><b>1) Implementation functions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparation of an "Urban Animals' Statute"</li> <li>- Preparation of an "Urban Fauna Plan"</li> <li>- Preparation of an urban animal population management plan</li> <li>- Preparation of Municipal Ordinances (noise, hygiene, health, safety, environment, animal protection, etc.)</li> </ul> <p><b>2) Coordination functions</b></p> <p><b>2-a – Direct interventions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Town planning actions</li> <li>- Management and control of animal populations (management of stray, feral or harmful animals, etc.)</li> <li>- Detection and reporting of breaches of the regulations</li> <li>- Control and corrective actions to improve behavior related to the trading of animals</li> </ul> <p><b>2-b – Management activities with interventions relative to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- improving the cleanliness of public places, and areas where animals are bred and sold</li> <li>- noise control (dogs and birds)</li> <li>- animal disease control (epidemiological investigations, health and medical prophylaxis, on-call and emergency veterinary service, etc.) ( Cooperation with practicing vets and public veterinary services)</li> <li>- protection of animals in public and private places, and in public transport networks</li> <li>- urban programs designed to facilitate the presence of animals in cities</li> <li>- assistance to the local community for improved identification of pets (dogs and cats), control of dog and cat populations. In conjunction with vets, free veterinary services for animals owned by handicapped individuals, low-income and unemployed individuals, etc..</li> </ul> <p><b>3) Training, education and information</b> (in cooperation with practicing veterinarians, animal protection associations, etc.).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- public awareness-raising and education by means of films, conferences, poster campaigns, etc; in schools and among the community at large, professional categories, pet owners, etc.</li> </ul> <p><b>II – PERSONS INVOLVED:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Representative from the City Council</li> <li>- City Council officials with relevant specific full-time duties (a Vet from the Veterinary Hygiene department; Head of the dog-catchers department, Parks and gardens, etc.)</li> <li>- Representatives of: local animal lovers groups; college of veterinarians, physicians, pharmacists; Local health unit; Public health and hygiene services.</li> </ul>

Fonte: Tarsitano, 2006.

### ANEXO 3 - PLANO DE AÇÃO INTEGRADO E PARTICIPATIVO EM AMBIENTES URBANOS.

(Conclusão)

Table 3 Control activities involving animals in urban ecosystems

---

#### CONTROL ACTIVITIES

---

**Vector control:** Biology, ecology and ethology

It is therefore worth noting that in the battle against native vectors, the aim must be to bring target species down to manageable levels, not to completely eradicate them: if a species is completely eradicated from its ecological niche, there is a chance that it might be replaced by another more aggressive and dangerous species: as the saying goes, “*better the devil you know than the devil you don’t know*”. For instance, a possible competitor of *Culex pipiens* might be *Aedes albopictus* (tiger mosquito), which is a far more aggressive and annoying species.

**Reservoir control:** Biology, ecology and ethology

Many higher order animals (vertebrates) live in close contact with humans for a variety of reasons. Often these animals act as healthy carriers of disease and therefore are vehicles of contagion for numerous pathogens. The most common reservoirs in the urban environment are dogs, foxes, rodents, pigeons and others. Here too, it is vital to understand the biology, ecology and ethology of both reservoirs and the microorganisms they carry and transmit. It is essential to efficiently manage the environment so as to prevent populations of stray dogs and pests like rodents and pigeons from growing and reproducing by eliminating the degraded conditions in which they thrive.

---

**Fonte:** Tarsitano, 2006.

## ANEXO 4 - TEMAS SELECCIONADOS PARA A DISCUSSÃO DE INFRAESTRUTURA ECOLÓGICA URBANA.

**Table 1**

Themes of this SV and the papers contained in each theme are listed in this table.

	Authors
<b>Theme one: from civil infrastructure to ecological infrastructure: diagnoses and remedies of urban illnesses</b>	
1. A review of urban metabolism studies to identify key methodological choices for future harmonization and implementation	Bekou-Saint-Pierre et al., 2017
2. Comparing performance metrics for multi-resource systems: the case of urban metabolism	Ravalde and Keirstead, 2017
3. Urban metabolism profiles. An empirical analysis of the material flow characteristics of three metropolitan areas in Sweden.	Rosado et al., 2016
4. Quantifying the energy flow of an urban complex and the ecological services of a satellite town: a case study of Zengcheng, China	Zhang et al., 2017
5. Factor analysis of energy-related carbon emissions: a case study of Beijing	Fan and Lei, 2017
6. The impact of urbanization on carbon emissions in developing countries: the U-Kaya method	Wu et al., 2016
7. The effect of new-type urbanization on energy consumption in China: a spatial econometric analysis	Liu et al., 2017a
8. Assessing the energy-saving effect of urbanization in China based on STIRPAT model	Ji and Chen, 2017
9. Communal carbon metabolism: methodology and case study	Lu et al., 2017
10. The driving force of water footprint under the rapid urbanization process: a structural decomposition analysis for Zhangye city in China.	Feng et al., 2017
11. Comprehensive evaluation of different scale cities' sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China.	Sun et al., 2017a
12. Evaluating the trends of China's ecological civilization construction using a novel indicator system.	Zhang et al., 2016
13. The spatial-temporal characteristics and health impacts of ambient fine particulate matter in China.	Song et al., 2016
14. Identifying the main contributors of air pollution in Beijing	Li et al., 2017a
<b>Theme two: international experiences and lessons in urban "green-blue" ecological engineering to develop and enforce standards for restoration of natural and social ecosystem services</b>	
1. Stormwater wetlands for the enhancement of environmental ecosystem services: case studies for two retrofit wetlands in Brisbane, Australia.	Greenway, 2017
2. Integrative assessment and management implications on ecosystem services loss of coastal wetlands due to reclamation.	Sun et al., 2017b
3. The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: a case study in the Valencian region, Spain.	Perales-Momparler et al., 2017
4. The potential role of desalination in managing flood risks from dam overflows: the case of Sydney, Australia.	Turner et al., 2016
5. Smart meter enabled informatics for economically efficient diversified water supply infrastructure planning.	Gurung et al., 2016
6. The impact of land-use change on water-related ecosystem services: a study of the Guishui River Basin, Beijing, China.	Gao et al., 2017b
7. Urban agriculture in Mexico City: balancing between ecological, economic, social and symbolic value.	Dieleman, 2017
8. Metals in exposed-lawn soils from 18 urban parks and its human health implications in southern China's largest city, Guangzhou.	Gu et al., 2016
9. Assessing the changes in the soil conservation ecosystem service and the causal factors in the Three Gorges Reservoir area of China	Xiao et al., 2017
10. The impacts of socio-demographic, environmental, and individual factors on urban park visitation in Beijing, China	Liu et al., 2017c
<b>Theme three: implementation of integrated urban waste management, recycling and treatment policies and facilities</b>	
1. The door-to-door recycling scheme of household solid wastes in urban areas: a case study from Nagoya, Japan	Zheng et al., 2017
2. Energy consumption and economic cost of typical wastewater treatment systems in Shenzhen, China.	Li et al., 2017b
3. Economic and Environmental Analysis of Five Chinese Rural Toilet Technologies Based on the Economic Input-Output Life Cycle Assessment	Gao et al., 2017a
<b>Theme four: design and modify urban impervious surfaces through ecological engineering</b>	
1. A continuous dynamic feature of the distribution of soil temperature and horizontal heat flux next to external walls in different orientations of construction sites in the autumn of Beijing, China	Zhou et al., 2017
2. Aggregate risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons from dust in an urban human settlement environment.	Xu et al., 2016
<b>Theme five: urban aorta ecology, ecological mobility and livable corridors</b>	
1. The adoption of strategies for sustainable cities: a comparative study between Newcastle upon Tyne and Florianópolis focused on urban mobility.	de Andrade Guerra et al., 2016
<b>Theme six: integrative design criteria and cases of urban ecological infrastructure management</b>	
1. Urban ecological infrastructure: An integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems.	Li et al., 2017c
2. Infrastructure ecology: an evolving paradigm for sustainable urban development	Pandit et al., 2017
3. Ecological inter-correlations in urban-rural development: an eco-city of China.	Wang et al., 2017
4. The optimization of urban ecological infrastructure network based on the changes of county landscape patterns: a typical case study of ecological fragile zone located at Deng Kou (Inner Mongolia)	Yu et al., 2017
5. Sustainable Buildings for Healthier Cities: Assessing the Co-benefits of Green Buildings in Japan	Balaban and Puppim de Oliveira, 2017
6. To each their own? The greenhouse gas impacts of intra-household sharing in different urban zones.	Aia-Mantúa et al., 2016
7. Challenges of Developing Sustainable Neighborhoods in China	Shi et al., 2016
<b>Theme seven: the roles of urban ecological infrastructure in industrial parks and industrial clusters</b>	
1. Emergy evaluation for a low-carbon industrial park	Fang et al., 2017
2. Quantifying direct and indirect carbon dioxide emissions of the Chinese tourism industry.	Meng et al., 2016
3. Analysis of CO <sub>2</sub> emissions embodied in China's bilateral trade: a non-competitive import Input-Output approach.	Liu et al., 2017c
4. Uncertainty analysis for measuring greenhouse gas emissions in the building construction phase: a case study in China.	Hong et al., 2016

Fonte: LI et al., 2017.

## ANEXO 5 - FONTES DE DADOS PARA MAPEAR AS INFRAESTRUTURAS DA CIDADE.

Sector	Data description	Source
Urban land transformation	Urban land cover within urban area	National Land Cover Database 2011. Multiresolution Land Characteristics Consortium ( <a href="http://www.mrlc.gov/">www.mrlc.gov/</a> )
Electricity production	Electricity demand in block groups	Utility network coverage and electricity consumption. S&P Global Platts Household electricity consumption estimates. US Census Bureau American Community Survey ( <a href="https://www.census.gov/programs-surveys/acs/">https://www.census.gov/programs-surveys/acs/</a> ) Business locations and categories. Pitney Bowes Spatial Data S&P Global Platts
Water supply	Electrical grid infrastructure and characteristics (transmission lines and capacity, substations and capacity, power plants, utility networks)	Energy Information Administration ( <a href="https://eia.gov/electricity/data/eia923">https://eia.gov/electricity/data/eia923</a> )
	Power plant location, capacity, generation, and water use	National Hydrography Dataset ( <a href="https://nhd.usgs.gov/">https://nhd.usgs.gov/</a> )
	Reservoirs associated with power plants	Household water consumption estimates. US Census Bureau American Community Survey ( <a href="https://www.census.gov/programs-surveys/acs/">https://www.census.gov/programs-surveys/acs/</a> ) Business locations and categories. Pitney Bowes Spatial Data
	Water demand in block groups	USGS Water Use in the United States ( <a href="https://water.usgs.gov/watuse/">https://water.usgs.gov/watuse/</a> ) Tennessee Department of Environment and Conservation ( <a href="https://tennessee.gov/environment/article/tdec-dataviewers">https://tennessee.gov/environment/article/tdec-dataviewers</a> )
	Knoxville public water supply intakes	Georgia Environmental Protection Branch ( <a href="https://epd.georgia.gov/watershed-protection-branch">https://epd.georgia.gov/watershed-protection-branch</a> ) Metropolitan North Georgia Water Planning District Water Metrics Report. Prepared by Atlanta Regional Commission, February 2011 ( <a href="http://documents.northgeorgiawater.org/2010_Water_Metrics_Report_FINAL%281%29.pdf">http://documents.northgeorgiawater.org/2010_Water_Metrics_Report_FINAL%281%29.pdf</a> )
	Atlanta public water supply intakes	20, 21, 34
	Las Vegas public water supply intakes	Arizona Department of Water Resources (2017) ADWR GIS data and maps ( <a href="http://www.azwater.gov/azdwr/gis/">http://www.azwater.gov/azdwr/gis/</a> )
	Phoenix public water supply intakes	Arizona Water Resources Development Commission (2010). Final Report, Vol 1. Arizona Department of Water Resources, Phoenix 18
	Tucson public water supply intakes	See sources for Phoenix City of Tucson (2004) Water Plan: 2000–2050. City of Tucson Water Department. Final Report. ( <a href="https://www.tucsonaz.gov/files/water/docs/waterplan.pdf">https://www.tucsonaz.gov/files/water/docs/waterplan.pdf</a> ) City of Tucson (2017) Tucson Water Plans, Reports, Organizational Documents ( <a href="https://www.tucsonaz.gov/water/documents-and-links">https://www.tucsonaz.gov/water/documents-and-links</a> )
	Reservoirs associated with intakes	National Hydrography Dataset ( <a href="https://nhd.usgs.gov/">https://nhd.usgs.gov/</a> )

Fonte: McManamay et al., 2017.



## ANEXO 6 - INDICADORES DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS.

Ecosystem service	Indicator	Data	Literature sources
<b>Provisioning services</b>			
<b>Food production</b>	Community garden (yes/no)	Sample data	-
<b>Regulating services</b>			
<b>Carbon Seq.</b>	Coarse veg area × avg. sequestration rate (kg/m <sup>2</sup> )	Sample data	Nowak and Crane (2002: 385) and Akbari (2002)
<b>Carbon storage</b>	Coarse veg area × avg. storage rate (kgC/m <sup>2</sup> )	Sample data	Nowak and Crane (2002), Jo and McPherson (1995), and Pouyat et al. (2002)
	Fine veg area × avg. storage rate (kgC/m <sup>2</sup> )		
	Soil area × carbon density/m <sup>2</sup> (kgC/m <sup>2</sup> )		
<b>Air pollution removal</b>		Sample data	Nowak and Crane (2002) and Yang et al. (2008)
<b>SO<sub>2</sub></b>	Coarse veg area × pollution removal rate (g/yr)		
<b>NO<sub>2</sub></b>	Fine veg area × pollution removal rate (g/yr)		
<b>PM<sub>10</sub></b>			
<b>O<sub>3</sub></b>			
<b>CO</b>			
<b>Local temp regulation</b>	Cooling by vegetation (degrees Celsius)	Sample data	Huang et al. (1987)
<b>Runoff mitigation</b>	Runoff coefficient (% precipitation absorbed)	Sample data, NYC soil survey	USDA (1986), NYC Soil Survey Staff (2005), Tratalos et al. (2007), and Whitford et al. (2001)
<b>Support services</b>			
<b>Provision of Habitat for biodiversity</b>	<b>Ecological priority areas</b> , %green, brown and blue Situated within high priority area – community occurrences, bird conservation, TNC priority ecoregions <b>Connectivity</b> : proximity to green areas <b>Shape</b> : compactness <b>Size</b> : size of total green space	Sample data, NYSDEC, (2009) and TNC (n.d.)  NYC green layers Sample data Sample data, NYC MapPluto	Turner (1989), Whitford et al. (2001)  NYS GIS Clearinghouse; NYC Open Map - NYC Department of City Planning (2011)
<b>Cultural services</b>			
<b>Recreation</b>	<b>Public access</b> : owned publicly (yes/no) <b>Actual use</b> : used by the public for recreation	NYC MapPLUTO Sample data	NYC Department of City Planning (2011) -

Fonte: McPhearson; Kremer; Hamstead, 2013.

## ANEXO 7 - PROJETO PARA PLANEJAMENTO URBANO TRANSDISCIPLINAR



Fonte: Ahern; Cilliers; Niemelä, 2014.

### ANEXO 8 - AMOSTRA DE INDICADORES DO FUTURO URBANO.

Indicator	Question	Metric	Benchmarks	Qualitative/ quantitative	Scale <sup>a</sup>	Research area
Conservation volunteering	Are there high levels of public support for wildlife conservation?	Percentage of the population engaged in conservation volunteering	51% (JNCC, 2009)	Quantitative	Country	Biodiversity
NO <sub>2</sub> 1-h average	Does urban air quality pose a significant risk to human health?	Ambient concentration averaged over 1 h	200 µg m <sup>-3</sup> (DEFRA, 2007)	Quantitative	Point	Air quality
Water quality	How clean is the drinking water?	Percentage compliance with drinking water standards	100% (Water UK, 2009)	Quantitative	Region	Water and waste water
Asset condition	How much water is being lost through leakage within the supply network?	Water supplied minus water delivered (given as % water supplied)	16.6% (EA, 2009)	Quantitative	Region	Sub-surface built environment, infrastructure and utility services
Quality of the public realm	Are streets being defined by a well-structured building layout?	Active frontage type	More Grade A, B and C frontage types, less Grade D and E (Llewelyn-Davies, 2000)	Qualitative	Neighbourhood	Surface built environment and open spaces
Dwelling density	What is the average density of new housing in an area?	Dwellings per hectare (dph)	30 dph (DCLG, 2007b)	Quantitative	Development	Density and decision-making
Innovation	How innovative is the construction sector?	Percentage of business expenditure spent on innovation in managerial techniques and organisation	29.2% (Roper et al., 2009)	Quantitative	Development	Organisational behaviour & innovation
Participation in local issues	Do people feel they can influence decisions relating to their local area?	Percentage of people who feel civically engaged; percentage of people who have taken some action to solve a local problem in the last 3 years	18%; 27% (ONS, 2002)	Quantitative	Neighbourhood	Social needs, aspirations and planning policy

Fonte: Boyko et al., 2010

## ANEXO 9 - CENÁRIOS FUTUROS EM RESUMO, DE UMA PERSPECTIVA URBANA DO REINO UNIDO.

Characteristics <sup>a</sup>	Metric	Market forces	Policy reform	New sustainability paradigm	Fortress world
Main driver	N/A	Competitive, open, global markets	Economic growth with greater equity	Equity and sustainability	Protection of resources by 'haves'; 'have nots' have limited access to them
Population growth	Percentage natural increase + net migration	Decrease	Decrease	Decrease substantially	Increase
Land use	Percentage of land devoted to the built environment	Increase	Increase	Decrease	Increase
Land recycling	Percentage of all new developments built on previously developed land	Decrease	Increase	Increase	Increase in 'have not' areas; unclear in 'have' areas
Need for affordable housing	Percentage of population needing affordable housing	Increase	Decrease	Decrease substantially	Increase substantially for 'have not' areas; decrease substantially for 'have' areas
Civic activism	Percentage of people involved either in direct decision-making about local services or issues, or in the actual provision of services	Decrease	Decrease	Increase substantially	Decrease substantially for 'have not' areas; increase for 'have' areas
Access to public green space	Percentage of population with good access to public green space	Decrease	Increase	Increase	Decrease
Health effects of air quality	Reduction in life expectancy in months	Increase	Decrease	Decrease substantially	Increase
Domestic water withdrawals <sup>b</sup>	Gigalitres per day	Increase	Decrease	Decrease substantially	Decrease
Energy efficient user technologies	Percentage of building stock with highest-efficiency measures	Low	Very high	Very high	Low for 'have not' areas; high for 'have' areas
Planning policy	Strength of policy used in planning	Weak	Strong	Strong	Substantially weak for 'have not' areas; strong for 'have' areas

Fonte: Boyko et al., 2010.

## ANEXO 10 - SISTEMAS DE ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE.

(Continua)

<b>Índice de Qualidade Ambiental</b>			
<i>Indicadores</i>	<i>Variáveis</i>	Fonte de Dados para análise 2000-2006	<i>Fonte de Dados para análise 2010-2012</i>
<b>Cobertura vegetal</b>	Relação entre cobertura vegetal remanescente e área de domínio da cobertura vegetal original (%) <sup>2</sup>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2000)	INPE (2010)
<b>Serviços sanitários</b>	O acesso à rede pública de fornecimento de água (%) <sup>3</sup>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000)	IBGE (2010b)
	Instalação sanitária adequada (%) <sup>4</sup>	IBGE (2000)	IBGE (2010b)
	Acesso à coleta regular de resíduos sólidos (%) <sup>5</sup>	IBGE (2000)	IBGE (2010b)
<b>Pressão industrial</b>	A intensidade energética (KWh/R\$) <sup>6</sup>	Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP, 2014a, b) com informações para 2000.	IDESP (2014a, 2014b), com informações para IBGE, (2010b)
<b>Pressão intra-domiciliar</b>	Média de residentes por cômodos <sup>7</sup>	IBGE (2000)	IBGE (2010b)
	Média de moradores por domicílio <sup>8</sup>	IBGE (2000)	IBGE (2010b)
<b>Pressão por consumo doméstico</b>	A intensidade no uso energético domiciliar (KWh/hab.) <sup>9</sup>	IDESP (2014a; 2014b) e IBGE (2000)	IDESP (2014a; 2014b) e IBGE (2010b)
<b>Pressão automotiva</b>	O número de veículos <i>per capita</i> <sup>10</sup>	IBGE (2005a)	IBGE (2010a)

Fonte: Ferreira e Vieira, 2018, baseado de Pereira e Vieira, 2016.

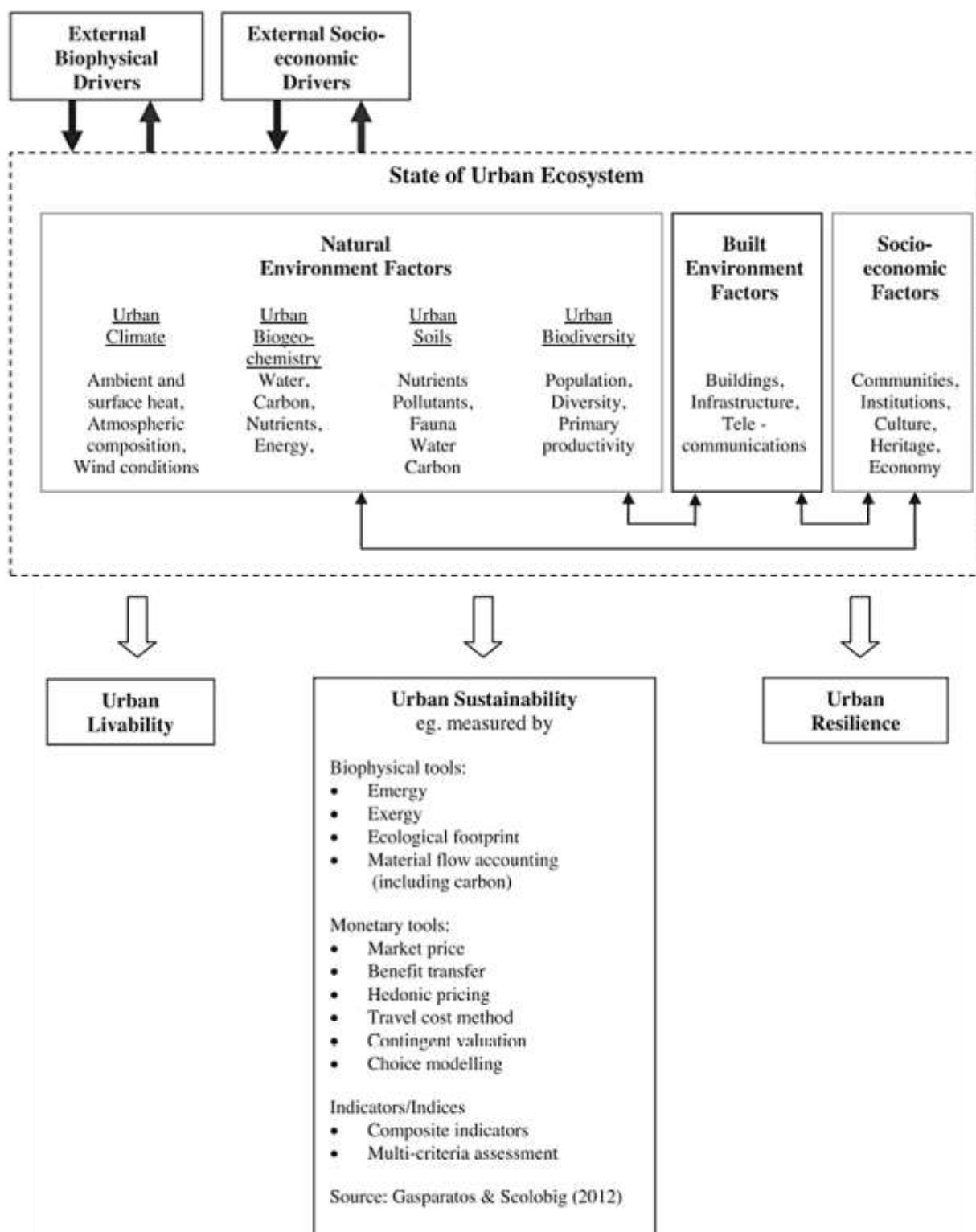
## ANEXO 10 - SISTEMAS DE ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE.

(Conclusão)

<b>Índice de Capacidade Político-institucional</b>			
<i>Indicadores</i>	<i>Variáveis</i>	<i>Fonte de Dados para análise 2000-2006</i>	<i>Fonte de Dados para análise 2010-2012</i>
Autonomia político-fiscal	Autonomia fiscal <sup>11</sup>	Secretaria do Tesouro Nacional (STN, 2000)	STN (2010)
	Peso eleitoral <sup>12</sup>	IBGE (2000) e Tribunal Superior Eleitoral (TSE, 2000)	IBGE (2010b) e TSE (2012)
	Porcentagem de funcionários com educação superior (%) <sup>13</sup>	IBGE (2005b)	IBGE (2011)
	Grau de informatização da máquina pública local <sup>14</sup>	IBGE (2004; 2006)	IBGE (2012)
Gestão Pública Municipal	Existência de instrumentos de gestão urbana <sup>15</sup>	IBGE (2001)	IBGE (2012)
	Existência e regularidade no funcionamento dos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Urbano e de Habitação <sup>16</sup>	IBGE (2001)	IBGE (2011; 2012)
Gestão Ambiental Municipal	Existência e a regularidade das reuniões do Conselho de Meio Ambiente <sup>17</sup>	IBGE (2001)	IBGE (2012)
	Unidades de conservação municipal por 100 mil habitantes <sup>18</sup>	Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018a) com informações para 2000.	MMA (2018a) com informações para até 2012.
Informação e participação política	Presença de entidades ambientalistas registradas no Cadastro Nacional de Entidades Ambientistas <sup>19</sup>	MMA (2018b) com informações para 2000.	MMA (2018b) com informações para 2010.
	Participação político eleitoral (%) <sup>20</sup>	TSE (2000)	TSE (2012)

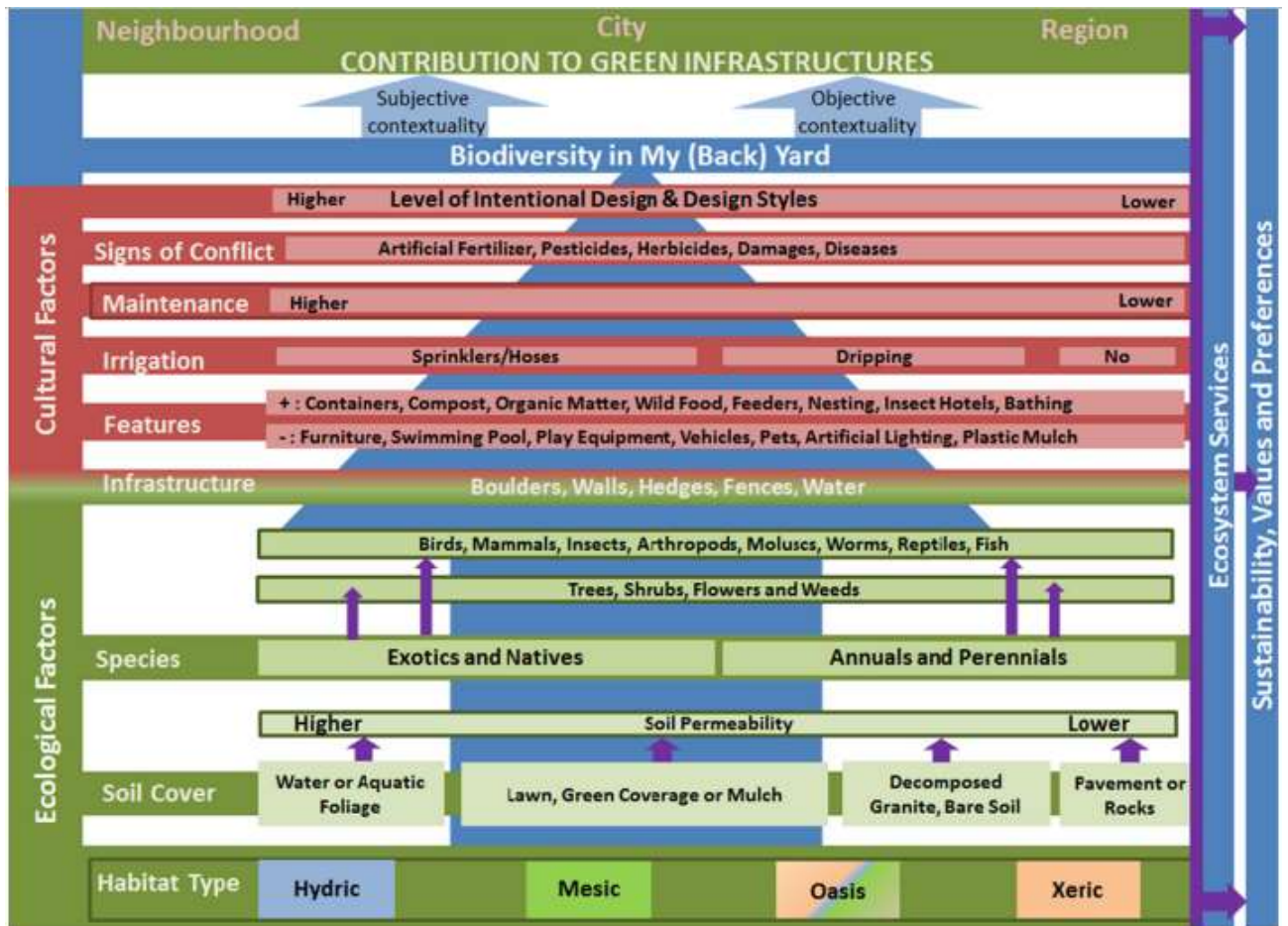
Fonte: Ferreira e Vieira, 2018, baseado de Pereira e Vieira, 2016.

**ANEXO 11 – QUADRO CONCEITUAL QUE DEMONSTRA O ESTADO DE UM ECOSISTEMA URBANO (DELIMITADO POR LINHAS PONTILHADAS) E OS FATORES DE ESTADO INTERNO.**



Fonte: Tan e Hamid, 2014.

ANEXO 12 - ESTRUTURA CONCEITUAL DE BIMBY.



Fonte: Beumer et al., 2015.