

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ENGENHARIA CIVIL**

BRUNA JANUÁRIO

**ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DE UMA OBRA PREDIAL EM CURITIBA/PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2021**

BRUNA JANUÁRIO

**ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DE UMA OBRA PREDIAL EM CURITIBA/PR**

Case study of solid waste management of a building work in Curitiba/PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACOC), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Curitiba.

Orientadora: Profa. Dra. Lidiane Fernanda Jochem.

CURITIBA

2021



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

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNA JANUÁRIO

**ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA
OBRA PREDIAL EM CURITIBA/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: Vinte e Sete de Agosto de 2021

Lidiane Fernanda Jochem
Doutora em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Luiz Rissardi
Engenheiro Civil
Membro externo

César Augusto Casagrande
Doutor em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Silvana Leonita Weber
Mestre em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2021

“O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.”

Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me agraciado com a vida e com uma família da qual sou eternamente grata por tudo o que me proporcionaram. A minha mãe, a pessoa mais importante da minha vida, a quem não encontro palavras para dizer o quanto sou grata por tudo o que fez por mim, por todo amor e carinho. Mãe, sem a senhora eu nada seria.

À UTFPR, instituição que me acolheu e me proporcionou um ensino público de alta qualidade, lugar esse que levarei com grandes memórias, respeito e orgulho por todos os ensinamentos vivenciados.

Ao Bruno, amigo que me acolheu, me incentivou, e vivenciou todos os momentos bons e ruins durante essa trajetória, me dando carinho, amor e muito companheirismo. Que os caminhos desse mundo nos levem sempre próximo, meu amado.

Ao Luiz e Kalebe, amigos sem os quais seria impossível atravessar trajetória, amigos que me ajudaram muito, e fizeram meus dias melhores, os quais espero poder estar sempre junta por toda essa vida.

Ao professor Mauro Edson Alberti, a pessoa que eu mais admiro, respeito e me espelho. Professor, a cada aula sua, cada conversa com o senhor sobre engenharia, em todos esses momentos eu tinha mais certeza de que estava no caminho certo. Obrigada pelos grandes ensinamentos. E, espero que um dia eu seja uma engenheira tão boa quanto o senhor.

À professora Daniela Gutstein, o qual me proporcionou além de uma bolsa estudantil, um conhecimento ímpar. Seus ensinamentos são grandiosos, assim como suas experiências de vida. Sou eternamente grata por ter tido a chance de ser sua aluna, e de aprender tanto com a senhora.

À professora Lidiane, por ter me dado à oportunidade de aplicar um conhecimento que adquiri profissionalmente no presente trabalho. E, por ter me dado toda a orientação e suporte durante essa jornada. Sou muito grata a senhora, professora.

RESUMO

O consumo indiscriminado de recursos naturais pela construção civil tem sido cada vez mais questionado, haja vista que, na sua maioria, esses materiais não são renováveis, logo, tem-se duas fontes de preocupação: a exploração de recursos não renováveis e a geração de resíduos de construção civil (RCC). O presente trabalho teve como objetivo analisar o gerenciamento de resíduos sólidos de uma obra predial finalizada no ano de 2021, situada no município de Curitiba no estado do Paraná. Para tal, foram coletados dados referentes à estimativa de geração de resíduos sólidos, assim como os resíduos sólidos gerados durante a execução da obra estudada. Por meio dos resultados obtidos a partir do Relatório de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (RGRCC) foi possível verificar que os resíduos da Classe A (materiais cerâmicos e solo) correspondem a maior parcela dos RCC gerados, sendo a classe A solos representada por (86,19%), e classe A composta por (4,43%), seguido por resíduos de classe B (9,05%), em seguida a classe C (0,18%) e, por fim, a classe D com 0,15% dos resíduos gerados na obra. No geral, a obra gerou aproximadamente 21% a menos dos resíduos que foram estimados no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRCC).

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Obra Predial. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Resolução CONAMA n°307.

ABSTRACT

The indiscriminate consumption of natural resources by civil construction has been increasingly questioned, given that, for the most part, these materials are non-renewable, so there are two sources of concern: the exploitation of non-renewable resources and the generation of construction waste (RCC). This study aimed to analyze the solid waste management of a building work completed in 2021, located in the city of Curitiba in the state of Paraná. To this end, data referring to the estimate of solid waste generation were collected, as well as the solid waste generated during the execution of the work studied. Through the results obtained from the Solid Waste Management Report (RGRCC) it was possible to verify that Class A waste (ceramic materials and soil) corresponds to the largest portion of the RCC generated, with class A soils represented by (86, 19%), and class A composed of (4.43%), followed by class B residues (9.05%), then class C (0.18%) and, finally, class D with 0.15% of the waste generated in the work. Overall, the work generated approximately 21% less waste than was estimated in the Solid Waste Management Plan (PGRCC).

Keywords: Solid Waste Building Work. Civil Construction Waste Management Plan. CONAMA Resolution No. 307.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das etapas do trabalho.....	23
Figura 2 - Obra de estudo. (a) Planta Baixa da obra; (b) Resíduos Classe A; (c) Obra Finalizada.....	25
Figura 3 - Composição dos RCC estimados por etapa da obra.....	40
Figura 4 - Composição dos RCC gerados por etapa da obra.....	42
Figura 5 - Estimativa e Geração de RCC por Classes..	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos RCC pela Resolução CONAMA n° 307/2002.	15
Tabela 2 - Classificação quanto à correta destinação dos resíduos sólidos.	17
Tabela 3 - Dados de massa específica aparente para quantificação do RGRCC.	27
Tabela 4 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de limpeza superficial e escavações.	29
Tabela 5 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de fundações.	30
Tabela 6 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de superestrutura.	30
Tabela 7 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de alvenaria.	31
Tabela 8 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de instalações hidráulicas e elétricas.	32
Tabela 9 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de revestimentos internos e externos.	33
Tabela 10 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de coberturas e pinturas.	33
Tabela 11 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de limpeza.	34
Tabela 12 - Quantificação de RCC gerado durante a execução da limpeza superficial e escavações.	35
Tabela 13 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de fundações.	36
Tabela 14 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de superestrutura.	36
Tabela 15 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de alvenaria.	37
Tabela 16 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de instalações elétricas e hidráulicas.	38
Tabela 17 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de revestimentos internos e externos.	38
Tabela 18 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de limpeza.	39
Tabela 19 - Índice de volume de resíduos gerados por m ² de área construída da obra de estudo (sem considerar geração de classe A solos).	45
Tabela 20 - Índice de volume de resíduos gerados por m ² de área construída da obra de estudo (considerando geração de classe A solos).	45

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ATT	Área de Transbordo e Triagem
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CVCO	Certificado de Vistoria Conclusão de Obras
EPI	Equipamento de Proteção Individual
LO	Licença de Operação
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR18	Norma Regulamentadora 18
NR35	Norma Regulamentadora 35
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
RGRCC	Relatório de Gerenciamento de Construção Civil
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SMU	Secretaria Municipal de Urbanismo
SMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO	15
2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS	16
2.3 DESTINAÇÃO E REUTILIZAÇÃO	16
2.4 LEGISLAÇÕES E NORMAS	17
2.4.1 Esfera Nacional	17
2.4.2 Esfera Estadual	19
2.4.3 Esfera Municipal	19
2.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.6 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
3 METODOLOGIA	23
3.1 ESTUDO DE CASO	24
3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	26
3.3 ANÁLISE QUANTITATIVA	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC DA OBRA EM ESTUDO	28
4.2 QUANTIFICAÇÃO DE RCC GERADOS DURANTE AS FASES DE EXECUÇÃO DA OBRA	34
4.3 IDENTIFICAÇÃO DE PORCENTAGEM DE GERAÇÃO DE RCC	39
4.3.1 Estimativa e Geração de Resíduos Sólidos em Relação ao todo da obra	43
4.4 SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA O PGRCC E RGRCC	46
5 CONCLUSÃO	49

5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	50
APÊNDICE A – Modelo de MTR Utilizado	56
APÊNDICE B – Síntese de RCC Estimados e Gerados nas Principais Fases da Obra	58

1 INTRODUÇÃO

O consumo indiscriminado de recursos naturais pela construção civil tem sido cada vez mais questionado, haja vista que, na sua maioria, esses materiais naturais não são renováveis, logo, tem-se duas fontes de preocupação: a exploração de materiais não renováveis e a geração de resíduos de construção civil (RCC). Visando reduzir a quantidade dessas matérias-primas utilizadas e, portanto, minimizar os impactos ambientais, torna-se indispensável que, quando possível, esses resíduos sejam reutilizados (MOREIRA, 2018).

De acordo com Freire et al. (2020), a disposição final dos resíduos sólidos produzidos diariamente tornou-se uma problemática, sendo fonte geradora de diversos impactos ambientais, favorecendo a degradação ambiental.

A gestão destes resíduos é um processo amplo, composto por políticas públicas, leis e regulamentos que direcionam a ação dos agentes do setor. Em contrapartida o gerenciamento é referente às atividades operacionais cotidianas e do trato direto com os resíduos. Sendo assim, o gerenciamento aborda ações desenvolvidas por empreendedores e construtoras, no sentido de controlar e gerir a manipulação dos resíduos de sua obra (NAGALLI, 2014).

É comum encontrar estes resíduos acumulados em ruas, calçadas, terrenos baldios, e até mesmo em leitos de cursos d'água causando problemas ambientais e sociais, tais como criação de focos para outros resíduos, como os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU); a poluição de mananciais, contaminação de solos, deslizamentos, poluição visual, proliferação de vetores de doenças, além da obstrução de sistemas de drenagem, acarretando as inundações em dias chuvosos, (SILVA, 2014).

Diante dos impactos negativos dos resíduos sólidos, foi criada a resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 2002. No Brasil a regulamentação do gerenciamento de resíduos sólidos ocorreu com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305 em 2010 que dispõem sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluído os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2002; 2010).

Por isso, neste trabalho buscou-se analisar o gerenciamento dos resíduos sólidos de uma obra predial localizada na cidade de Curitiba/PR.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o gerenciamento dos resíduos sólidos de uma obra predial do ano de 2021 localizada em Curitiba/PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as políticas públicas pertinentes à obra estudada neste trabalho (Resoluções do CONAMA, Normas, Leis Federais, Estaduais e Municipais);
- Monitorar a aplicação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil (PGRCC), e;
- Propor melhorias para PGRCC com base na obra analisada.

1.2 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil gera toneladas de resíduos sólidos todos os anos e na sua grande maioria esses são descartados de forma inadequada e sem preocupação com o meio ambiente. Além da grande produção com os resíduos, existe ainda o aumento no custo dos materiais pela falta de gerenciamento destes, o que gera desperdício, conseqüentemente, despejo e acúmulo de resíduos sólidos na natureza (SILVA, 2015).

Os resíduos oriundos da construção civil são em sua maioria despejados sem nenhum tipo de manejo ou tratamento no meio ambiente, o que gera impactos ambientais negativos e degradantes. Os despejos inadequados e ambientalmente incorretos dos resíduos podem afetar o solo, as águas superficiais e subterrâneas, a paisagem e propiciar a proliferação de agentes patogênicos e animais sinantrópicos tais como: ratos, baratas, moscas, mosquitos, cobras, entre outros (SILVA, 2015).

A fonte de geração dos resíduos da construção civil ocorre no canteiro de obras, pois é neste local, onde efetivamente acontece a obra e todos os seus processos operacionais e são armazenados os materiais e os resíduos gerados. Nos canteiros de obras, existe uma falta de gestão ambiental e a negligência com as questões ambientais, onde as empresas em sua maioria não se preocupam com os danos causados ao meio ambiente, visando apenas o lucro da obra ou empreendimento. No entanto, uma empresa que atua com um plano de gerenciamento eficaz para os resíduos, alcança inclusive a diminuição dos custos da obra e serviços ao passo que contribui para o meio ambiente (COELHO JUNIOR *et al.*, 2018).

O gerenciamento de resíduos da construção civil é realizado por etapas e segundo a Resolução nº 307 do CONAMA é definido como um sistema que visa: “reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos” (BRASIL, 2002). Assim, o gerenciamento é feito através das ações de redução, reutilização ou reciclagem dos resíduos, por meio da implantação de ações e programas que contemplem práticas voltadas para o gerenciamento dos resíduos na construção civil (COELHO JUNIOR *et al.*, 2018).

Desta forma, este trabalho busca contribuir para uma avaliação da implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e um monitoramento do Relatório de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil em uma obra predial na cidade de Curitiba/PR.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO

A origem dos Resíduos de Construção Civil (RCC) é instituída pela Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002), a qual define que: resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, sendo tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, os quais são comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Na Tabela 1 são apresentadas as classificações dos RCC, assim como as descrições dos materiais, segundo a Resolução CONAMA n° 307/2002.

Tabela 1 - Classificação dos RCC pela Resolução CONAMA n° 307/2002.

Classe	Descrição
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras.
B	Compreendem os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papeis e papelão, metais, gesso, vidros, etc.
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação, tais como: telhas termo acústica, espelhos, etc.
D	Compreendem os resíduos perigosos, oriundos do processo de construção, demolição, reformas e reparos, tais como: tintas, solventes, óleos, amianto, ou que contenham produtos nocivos à saúde.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2002).

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS

A Resolução CONAMA nº 01 de 23 de janeiro de 1986 considera impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, provocada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades desenvolvidas pelo homem que possam afetar a saúde, segurança e o bem-estar da população, economia, biota, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

A disposição inadequada de resíduos de construção civil está relacionada à falta de políticas públicas que ordenem o fluxo da disposição e destinação dos resíduos da construção civil, associada à falta de engajamento e responsabilidade ambiental dos geradores (SINDUSCON-SP, 2005).

2.3 DESTINAÇÃO E REUTILIZAÇÃO

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do município de Curitiba (Decreto 1.068/2004) direciona o manuseio e disposição dos vários tipos de resíduos sólidos produzidos nos canteiros de obras. O plano abrange pequenos, médios e grandes geradores e envolve toda a cadeia, incluindo transportadores e áreas de destinação (CURITIBA, 2004).

Nos casos dos processos que ocorrem nos canteiros de obras, observa-se que as empresas não possuem conhecimento sobre o quanto de resíduos que é desperdiçado. Soma-se a isso, a não utilização de tecnologias e processos de reaproveitamento e reciclagem, que poderiam auxiliar na redução de custos de produção, no prejuízo com o desperdício e na prevenção ao meio ambiente (ALMEIDA, 2017).

No que refere ao Brasil, o mesmo possui uma quantidade significativa de usinas voltadas para a reciclagem de Resíduos de Construção Civil (RCC). Contudo, observa-se que a abrangência das ações voltadas ao reaproveitamento do material é comumente impactada pelo descarte incorreto dos resíduos, visto que a segregação deles na fonte geradora não é uma prática difundida no âmbito nacional (SIMONI, 2016).

Portanto, as unidades geradoras, transportadoras e receptoras de resíduos deverão ser projetadas em conformidade com a legislação e com a regulamentação

pertinentes, devendo ser implantadas, operadas, monitoradas e ter suas atividades encerradas de acordo com o projeto previamente aprovado pelo órgão ambiental estadual competente (VENTURINI, 2011).

No que se refere à correta destinação final dos resíduos, a resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002) estabelece os seguintes critérios apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação quanto à correta destinação dos resíduos sólidos.

Classe	Destinação Final
A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos de classe A de preservação de material para usos futuros;
B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2002).

2.4 LEGISLAÇÕES E NORMAS

2.4.1 Esfera Nacional

Os resíduos oriundos da construção civil são regulamentados pela legislação federal n° 12.305/2010, a qual institui uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece instrumentos necessários à redução na geração de resíduos na sua fonte, como sua reciclagem, reutilização e correta destinação final, tendo como objetivo promover o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Outra normatização importante dos resíduos da construção civil é a Resolução n° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual dispõe de critérios para a gestão de resíduos de construção civil, fomentando à necessidade de implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) nos municípios, assim como sua classificação em pequenos ou grandes geradores de resíduos, instituindo ainda métodos adequados ao manejo dos resíduos (BRASIL, 2002).

Entretanto a Resolução n° 307 sofreu alterações ao longo dos anos pelas seguintes resoluções:

- Resolução n° 348/2004 – inclui amianto na classe D (resíduos perigosos) (BRASIL, 2004).
- Resolução n° 431/2011 – altera a classificação do gesso, passando a ser classe B e não mais classe C (BRASIL, 2011).
- Resolução n° 448/2012 – estabelece as áreas de transbordo e triagem de RCC e resíduos volumosos (ATT), bem como o plano municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, como instrumento necessário a gestão dos RCC no município (BRASIL, 2012).
- Resolução n° 469/2015 – inclui na classe B as embalagens vazias de tintas imobiliárias, considerando que estas apresentam apenas filme seco de tinta dentro dos recipientes, bem como submissão de embalagens como tinta líquida ao sistema de logística reversa de acordo com o PNRS (BRASIL, 2015).

Aliada as legislações federais vigentes, as normativas técnicas instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabeleceram normas específicas aos projetos, implantação e gestão dos resíduos:

- NBR 10.004/2004: Resíduos sólidos – classificação (ABNT, 2004a);
- NBR 15.112/2004: RCC e resíduos volumosos - áreas de transbordo e triagem (diretrizes para projetos, implantação e operação) (ABNT, 2004b);
- NBR 15.113/2004: RCC e resíduos inertes - aterros (diretrizes para projetos, implantação e operação) (ABNT, 2004c).
- NBR 15.114/2004: RCC - áreas para reciclagem (diretrizes para projetos, implantação e operação) (ABNT, 2004d).
- NBR 15.115/2004: Agregados reciclados de RCC - execução de camada de pavimentação (procedimentos) (ABNT, 2004e).

Portanto, ao classificar os resíduos da construção civil, a Resolução CONAMA n° 307/2002 leva em consideração as definições da Lei de Crimes Ambientais. A Lei n° 9.605/1998 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998). Esta Resolução exige do poder público municipal a elaboração de leis, decretos, portarias e outros instrumentos legais como parte da construção da política pública que discipline a destinação dos resíduos da construção civil.

2.4.2 Esfera Estadual

O Estado do Paraná dispõe da Política de Resíduos Sólidos nº 12.493/1999, a qual estabelecem diretrizes, procedimentos, normas e critérios sobre a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos sólidos. O artigo 4º da Lei Estadual nº 12.493 de 22 de janeiro de 1999, cita que as atividades geradoras de resíduos sólidos, de qualquer natureza, são responsáveis pelo seu acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento, disposição final, pelo passivo ambiental oriundo da desativação de sua fonte geradora, bem como pela recuperação de áreas degradadas” (PARANÁ, 1999).

Recentemente foi aprovada a Lei nº 19.261/2017, que cria o Programa Estadual de Resíduos Sólidos - Paraná Resíduos. Lei que visa implementar procedimentos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS/PR), por meio de instrumentos de apoio a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos no Estado do Paraná e seus respectivos municípios (PARANÁ, 2017).

A Lei nº 17.321/2012, direcionada aos resíduos de construção civil, estabelece ações de gestão dos RCC que institui à obrigatoriedade de comprovação do transporte e destinação final dos RCC junto ao órgão municipal competente, quando solicitado o Certificado de Vistoria de Conclusão de Obra – CVCO (PARANÁ, 2012).

2.4.3 Esfera Municipal

Diante dos municípios do Estado do Paraná, a capital Curitiba é a que mais possui leis voltadas à aplicação do PGRCC, assim como sua correta destinação e reutilização. O Decreto Municipal nº1.068 de 2004 institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba.

O Art. 16º estabelece que empreendedores de obras que excedam 600 m² (seiscentos metros quadrados) de área construída ou demolição com área acima de 100 m² (cem metros quadrados) deverão apresentar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), o qual deverá ser aprovado durante a

obtenção do licenciamento ambiental da obra ou do alvará de construção, reformas, ampliação ou demolição (CURITIBA, 2004).

No Art. 17º do Decreto Municipal nº 1.068 de 2004, dispões que os projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar no mínimo as seguintes etapas, (CURITIBA, 2004):

- Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- Triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no Art.7º, deste regulamento;
- Acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, a condição de reutilização e de reciclagem;
- Transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos, e;
- Destinação: deverá ser feita de acordo com o disposto no Capítulo VII deste regulamento.

2.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os municípios brasileiros estão se adequando ao correto descarte de resíduos domiciliares e hospitalares. Contudo, a construção civil tem participação fundamental no que diz respeito à geração de resíduos sólidos, tornando-se necessário que as cidades implementem políticas públicas direcionadas ao gerenciamento dos mesmos (BRASIL, 2010).

Segundo dados da ABRELPE (2020), a quantidade de resíduos sólidos urbanos destinados inadequadamente no Brasil cresceu 16% nos últimos dez anos. O montante passou de 25,3 milhões de toneladas por ano em 2010 para 29,4 milhões de toneladas por ano em 2019.

A indústria da construção civil possui papel fundamental no desenvolvimento econômico do País, porém ainda é vista como grande geradora de impactos

ambientais. Com o objetivo de minimizar os impactos ao meio ambiente foi estabelecido um regulamento, antes mesmo de se firmar uma política pública geral para a gestão de resíduos sólidos no país, a resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002). O documento tem por finalidade estabelecer critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil (BRASIL, 2002). Após a implementação da resolução CONAMA n° 307, foi sancionada a Lei n° 12.305, em 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto n° 7.404, de 23 de dezembro de 2010, firmando que os geradores devem ser responsáveis pelos seus resíduos, abrangendo geradores da área da construção civil (BRASIL, 2010).

2.6 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é constituído por ações a serem implementadas para minimizar a geração de resíduos sólidos na fonte, realizar a correta segregação, controlar e reduzir riscos ao meio ambiente, através do manejo adequado, desde o planejamento até a destinação final dos resíduos produzidos durante o processo construtivo (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2013).

A fim de informar as autoridades competentes a destinação dos resíduos gerados durante a execução da obra, o projeto também tem a função de orientar a parte técnica a aplicar corretamente a resolução CONAMA n°307/2002, indicando a maneira correta de caracterizar os resíduos gerados, estimar quantidades geradas, propor medidas para diminuir a geração ou fazer a reutilização desses resíduos (NOVAES; MOURÃO, 2008).

Para possibilitar o controle mais efetivo da execução dos PGRCCs, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) instituiu, pela Portaria n° 07 de 2008, o Relatório de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, documento cuja aprovação é condicionante para a emissão da Licença de Operação (LO) e/ou o CVCO. Nesse relatório, os geradores devem apresentar a comprovação do gerenciamento dos RCC do empreendimento, mediante os Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR), certificados de destinação final dos resíduos e outros documentos (CURITIBA, 2017).

Os MTRs são documentos que controlam a expedição, o transporte e o recebimento dos resíduos ao longo do seu ciclo, sendo emitidos pelas empresas transportadoras dos RCC (NAGALLI; GERALDO FILHO; BACH, 2020).

A resolução CONAMA nº307 prevê que os grandes geradores ficam responsáveis pela gestão dos seus resíduos (BRASIL, 2002). Deve-se verificar as possibilidades de reutilização desses materiais ou mesmo a viabilidade econômica dos resíduos no canteiro evitando sua remoção e destinação. O manejo adequado dos resíduos dentro do canteiro permite a identificação de materiais reutilizáveis.

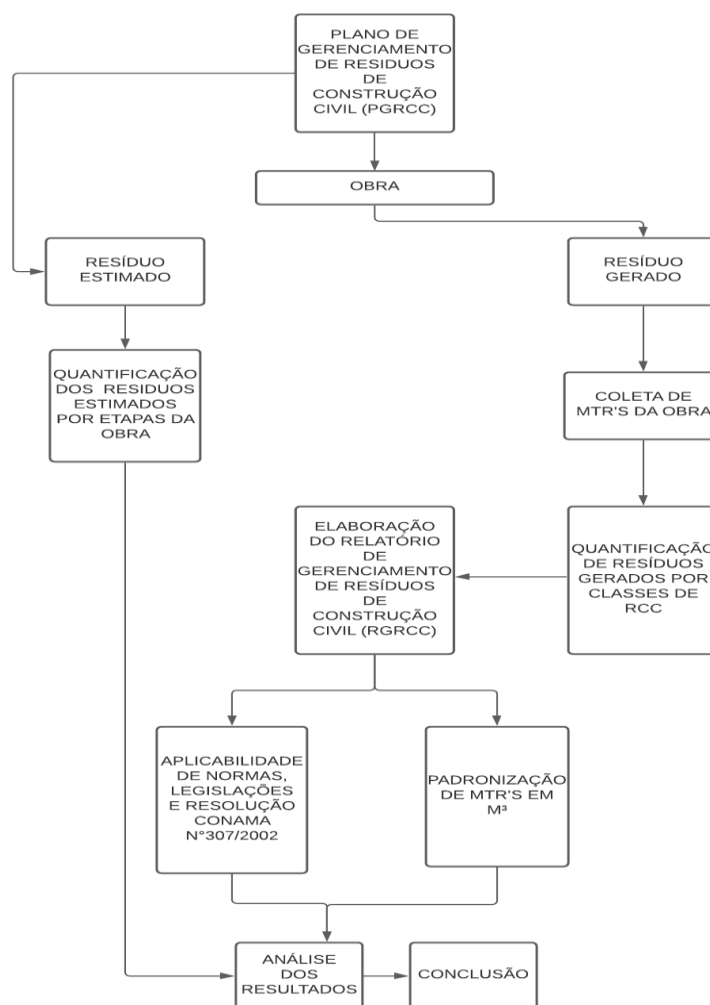
O PGRCC deverá abordar itens como: caracterização e quantificação dos resíduos; procedimentos de triagem e fluxo interno; acondicionamento no canteiro de obras; estratégia de reuso e reciclagem no próprio canteiro; indicação de transportadores e destinação dos resíduos e rejeitos gerados (BRASIL, 2010).

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada para a realização deste trabalho é dita como exploratória. A pesquisa exploratória tem por finalidade possibilitar conhecimento mais aprofundado, detalhando ou até mesmo levantando hipóteses. Para esse tipo de pesquisa, normalmente estão envolvidas etapas de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas, análise de exemplos, entre outros (GIL, 2002).

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas, sendo: estudo de caso de uma obra predial localizada no Município de Curitiba/PR; diretrizes de normas, legislações, procedimentos previstos pela Resolução CONAMA nº307/2002 e; informações da geração de resíduos de construção civil da obra em estudo (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma das etapas do trabalho.



Fonte: Autoria Própria.

3.1 ESTUDO DE CASO

A construtora que executou a obra em estudo atua a mais de 50 anos no seguimento da construção civil, realizando empreendimentos de médio padrão, projetos e montagens industriais em oito cidades pelo Brasil.

A empresa conta com uma equipe com mais de 100 funcionários, os quais a mesma realiza treinamentos internos e cursos de capacitação, sendo alguns deles NR18 e NR35. Portanto, os cursos e treinamentos variam conforme a função do funcionário dentro da construtora.

Além dos funcionários diretos, a construtora conta com o auxílio de empreiteiros que prestam serviços á ela. Os funcionários terceirizados devem estar devidamente regularizados com seus registros em carteira, assim como suas guias de treinamentos e capacitações em dia, para que possam adentrar os canteiros de obras e realizar suas respectivas tarefas.

Para o objeto de estudo realizou-se a análise de uma obra residencial na cidade de Curitiba no estado do Paraná, finalizada em junho de 2021, a qual teve um período total de execução de 2 anos. A obra possui 2 subsolos, nos quais encontram-se as vagas de garagem, e mais 8 andares, sendo o térreo composto por 4 unidades habitacionais e os demais andares por 8 unidades habitacionais, conforme Figura 2a, totalizando 60 unidades em uma única torre, com área total construída de 8.794,15m², incluindo área computável e não computável.

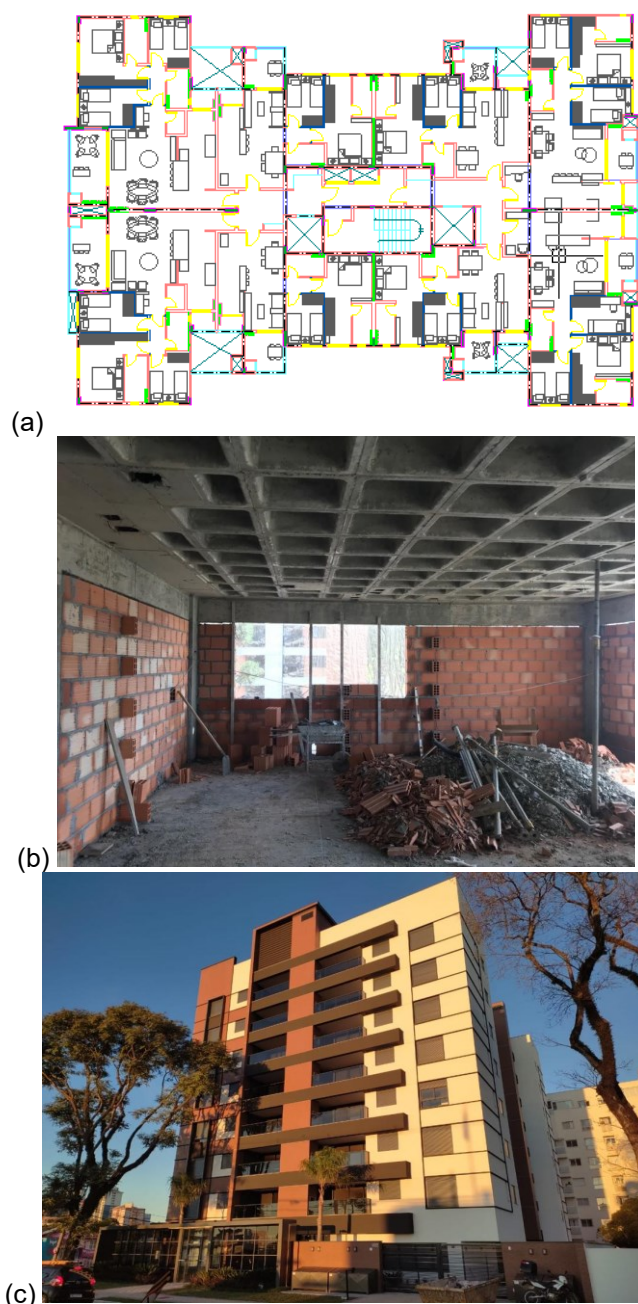
Sendo que, de acordo com o Decreto nº197/2000 é considerado como área computável o somatório das áreas construídas, levando-se em consideração o coeficiente de aproveitamento do terreno, já a área não computável é considerada como o somatório das áreas edificadas, mas que não são computadas no coeficiente de aproveitamento. O mesmo Decreto estipula para a cidade de Curitiba que sacadas no limite de até 6m² por unidade imobiliária não serão considerados na área computável da edificação (CURITIBA, 2000).

O processo construtivo da obra em estudo foi realizado a partir de fundação com estaca escavada, e sua estrutura realizada através de pilares, vigas e lajes nervuradas, onde utilizou-se de concreto usinado para a realização da etapa de concretagem da obra, conforme Figura 2b. A alvenaria de vedação foi realizada com bloco cerâmico, e internamente para as divisões dos quartos dos apartamentos foi realizada através de paredes de drywall. O edifício foi entregue com forro de drywall,

cerâmicas nos ambientes úmidos (banheiros, cozinha e sacada). Para os ambientes considerados secos, como quartos e salas, foram revestidos com piso laminado. O piso das áreas comuns, floreiras e piscina foram impermeabilizados com manta asfáltica e revestidos com porcelanato. Já, o pórtico construído para a entrada do edifício foi realizado em estrutura metálica e fechado em vidro.

Na Figura 2c tem-se a fachada do edifício, executada com pastilhas cerâmicas e pintura, com detalhes de molduras feitas em poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor.

Figura 2 – Obra de estudo. (a) Planta Baixa da obra; (b) Resíduos Classe A; (c) Obra Finalizada.



Fonte: Cedidas pela construtora.

3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para a realização do trabalho, utilizou-se de informações disponibilizadas pela empresa responsável pela obra, assim como foram realizadas pesquisas bibliográficas em artigos, monografias, dissertações; concomitantemente foram realizadas pesquisas em leis e normativas do âmbito federal, estadual e municipal os quais referenciam à gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil, e também de resoluções normativas que direcionam a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) e suas respectivas etapas.

Durante a pesquisa utilizou-se da Resolução CONAMA n° 307 de 2002, para realizar o monitoramento do PGRCC.

O conhecimento do índice de resíduos gerados é de suma importância para definir uma estratégia de gestão de resíduos, permitindo, por exemplo, definir o tamanho dos recipientes de acondicionamento, a melhor forma de transporte interno e externo, os potenciais para reaproveitamento e para a reciclagem de resíduos, ou seja, a logística de manejo dos resíduos (NAGALLI, 2014).

3.3 ANÁLISE QUANTITATIVA

A classificação dos materiais, assim como a divisão das fases da obra foi realizada conforme PGRCC pré-estabelecido pela empresa.

Para a realização do RGRCC da obra de estudo, algumas metodologias foram abordadas, devido à emissão de algumas MTR terem sido entregues em unidades diferentes ao do PGRCC estimado pela construtora. O modelo da MTR utilizada está exposto no Apêndice A.

Os dados foram coletados pelos transportadores licenciados que realizaram a retirada dos RCCs da obra foram fornecidos de maneiras distintas. Valores como de retirada de solo (Classe A) foram dados em metro cúbico (m^3), porém, alguns resíduos de classe A, B e C foram quantificados em quilograma, e para padronizar de modo a facilitar a comparação entre o PGRCC e o RGRCC foi realizada uma estimativa com auxílio da massa específica aparente dos materiais. Assim, para quantificar todos os dados gerados em quilograma para metro cúbico foram

utilizados os dados dispostos na Tabela 3, para os resíduos de Classe A, sucata de madeira, metálica, papel e plástica.

Tabela 3 - Dados de massa específica aparente para quantificação do RGRCC.

Tipo de Resíduos	Massa específica aparente (Kg/m³)
RCC Classe A	605
Sucata de Madeira	307
Sucata Metálica	696
Sucata de Papel	83
Sucata Plástica	87

Fonte: Adaptado de Nagalli, Geraldo Filho e Bach (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC DA OBRA EM ESTUDO

Os dados apresentados nas Tabelas 4 a 11 referem-se à quantidade estimada dos resíduos gerados nas principais fases da obra em estudo, ou seja, ao PGRCC, bem como suas classificações. O indicador desses resíduos é parte integrante do processo de solicitação do alvará de construção através da Secretaria Municipal de Urbanismo de Curitiba (SMU) e licenciamento ambiental por parte da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), sendo este o órgão local responsável pelo controle e fiscalização das atividades.

Sendo que, as estimativas apresentadas nas Tabelas 4 a 11 foram calculadas de acordo com os estudos de Tozzi (2006) e Bohne, Bergsdal e Brattebo (2005) que determinam padrões de geração para obras nacionais na unidade de kg/m^2 para os grandes grupos de resíduos da construção civil. Com os valores da massa específica, foi possível a determinação do volume, sendo esta a unidade de medida para a geração de resíduos do empreendimento em estudo. Os dados foram disponibilizados pela empresa responsável pela obra.

As fases da obra estão numeradas conforme abaixo:

1. Limpeza Superficial e Escavações;
2. Fundações;
3. Superestrutura;
4. Alvenaria;
5. Instalações Elétricas e Hidráulicas;
6. Revestimentos Internos e Externos;
7. Coberturas e Pinturas;
8. Limpeza.

As informações contidas na Tabela 4 indicam que devido ser a fase de limpeza e escavação da obra, estima-se que haverá majoritariamente geração de resíduos de classe A, devido ao volume escavado para a realização dos dois subsolos.

Tabela 4 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de limpeza superficial e escavações.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m ³)	Total (m ³)
A	SOLOS	10.546,3	10.546,3
B	PLÁSTICOS	0,7	1,2
	PAPEL/PAPELÃO	0,5	
D	ÓLEO	0,1	0,2
	SOLVENTE	0,1	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	0,1	

Fonte: Autoria Própria.

Segundo um estudo realizado por Bezerra (2019), sobre análise de gerenciamento de resíduos de construção civil em obras no Município de São Paulo, o PGRCC da obra 1 é um edifício composto por 20 pavimentos, totalizando 86 apartamentos, possuindo 4 subsolos e uma área construída de 14.660,05m², sendo que no PGRCC dessa obra, foi estimada a geração de resíduos de classe A solo de 7.737m³ para a etapa de limpeza e escavações, portanto, o índice de volume de resíduos por área construída é de 0,528 m³/m², dado este que foi calculado baseando-se apenas o resíduo de classe A solos. Já, da obra deste trabalho, a quantidade de volume de resíduo gerado por área construída é de 1,199 m³/m², dado este que está sendo comparado apenas com resíduos de classe A solos.

Esse valor estimado para a obra deste trabalho pode ser explicado pelas características do terreno, sendo esse de esquina, acima do nível da rua, fato que culminou com grande retirada de solo, e de ter sido realizada a escavação para 2 subsolos. Também os métodos construtivos de cada região podem ser determinantes, pois há construtoras que preferem realizar edifícios com subsolos, assim como outras preferem utilizar de estacionamentos na parte térrea do edifício, e assim como diferentes empresas com diferentes propostas para a elaboração do PGRCC de suas respectivas obras.

Os dados apresentados na Tabela 5 caracterizam a fase de fundações, onde foi estimada uma grande geração de resíduos de classe A, devido retirada de solo e a geração de resíduos de concreto devido à fase de execução de estruturas de fundações.

Tabela 5 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de fundações.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	SOLOS	215,2	245,5
	RESÍDUOS DE CONCRETO	30,3	
B	PLÁSTICOS	0,7	8,9
	PAPEL/PAPELÃO	0,5	
	MADEIRA	7,8	
D	SOLVENTES	0,1	1,2
	ÓLEOS	0,1	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	1,1	

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 6 representa a estimativa de RCC na fase de superestrutura, apresentando dados de geração de resíduos de classe A e B. Para os resíduos de classe A nessa etapa da obra foram estimados geração de pré-moldados em concreto, material que reduz a quantidade dos resíduos gerados além de diminuir mão de obra e ser um processo mais rápido em relação às construções convencionais. O estimado em madeira para classe B dos resíduos deve-se ao fato de nessa fase da obra ser fabricadas formas para a execução das lajes da estrutura.

Tabela 6 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de superestrutura.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	PRÉ- MOLDADOS EM CONCRETO	72,7	72,7
	MADEIRA	78,2	
B	PAPEL/PAPELÃO	2,3	90,9
	METAIS	8,3	
	PLÁSTICOS	2,1	
D	ÓLEOS	0,1	2,9
	SOLVENTES	0,1	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	2,9	

Fonte: Autoria Própria.

A fase de execução de alvenaria caracteriza-se com uma estimativa de geração de resíduos de classe A, conforme apresentado na Tabela 7.

Segundo a elaboração do PGRCC nessa fase de alvenaria está prevista uma significativa geração de resíduos de classe B, fato que pode estar relacionado ao processo de execução de formas para as vergas e contra vergas, os quais são elementos estruturais que auxiliam na distribuição de tensões nas portas e janelas.

Para a estimativa de resíduos de classe C foi previsto a utilização de lã de vidro, material usualmente utilizado para isolamento termoacústico, utilizado tanto na parte de alvenaria, paredes de drywall, forros e isolamento acústico de tubulações hidráulicas, ou seja, possui utilização abrangente.

A estimativa de resíduos de classe D nessa fase da obra pode estar relacionada a utilização de desmoldantes, material utilizado para facilitar as desformas, auxiliando também no prolongamento de vida útil das formas.

Tabela 7 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de alvenaria.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	72,7	181,7
	ARGAMASSA	84,8	
	MATERIAL ASFÁLTICO	12,1	
	PRÉ-MOLDADOS EM CONCRETO	12,1	
B	PLÁSTICOS	5,6	52,6
	PAPEL/PAPELÃO	18,5	
	METAIS	1,9	
	MADEIRA	26,6	
C	LÃ DE VIDRO	8,9	8,9
D	ÓLEOS	0,1	3,4
	SOLVENTES	0,1	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	3,3	

Fonte: Autoria Própria.

A fase de instalações hidráulicas e elétricas estima-se que haverá grande geração de RCC de classe A, B e C, conforme Tabela 8. Classe A caracteriza-se nessa fase por cortes na alvenaria para que sejam inseridas as tubulações das instalações elétrica e hidráulica. Para classe B estima-se uma geração de plásticos, podendo ser esses materiais os conduítes, comumente utilizado para a proteção dos cabos das instalações elétricas. Já as estimativas para os resíduos de classe C podem ser em decorrência de nessa fase serem feitas as instalações hidráulicas, sendo utilizado pela construtora o material PPR para realização das instalações tanto de água fria quanto de água quente em suas obras.

Tabela 8 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de instalações hidráulicas e elétricas.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	21,8	55,7
	ARGAMASSA	33,9	
B	PLÁSTICOS	24,3	48,7
	PAPEL/PAPELÃO	11,1	
	METAIS	3,9	
	MADEIRA	9,4	
C	TUBOS DE POLIURETANO	27,3	33,9
	LÃ DE VIDRO	6,7	
D	ÓLEOS	0,1	4,5
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	4,4	

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 9 tem-se a estimativa da geração de RCC na fase de revestimento internos e externos, considerando que haverá geração de resíduos de classe A, pois durante a execução de revestimentos acabam ocorrendo quebra de peças cerâmicas, assim como geração de resíduos de argamassas para o assentamento da mesma. Para os resíduos de classe B está estimativa pode ser em decorrência das embalagens dos revestimentos. Os resíduos de lã de vidro, sendo de classe C estão nessa fase por ser utilizados para os revestimentos termoacústico tanto das paredes, quanto do forro, já a manta asfáltica é utilizada para a impermeabilização dos ambientes do térreo como as floreiras, piscina e áreas comuns que não possuem cobertura.

Tabela 9 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de revestimentos internos e externos.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	29,1	75,1
	MATERIAL ASFÁLTICO	12,1	
	ARGAMASSA	33,9	
B	PLÁSTICOS	24,3	70,3
	PAPEL/PAPELÃO	10,2	
	METAIS	0,6	
	MADEIRA	14,1	
	GESSO	17,2	
	VIDROS	3,8	
C	LÃ DE VIDRO	6,7	15,6
	MASSA DE VIDRO	6,4	
	MANTA ASFÁLTICA	2,5	

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 10 representa as estimativas de geração de RCC na fase de coberturas e pinturas, portanto considera-se que nessa fase será gerado uma maior quantidade de resíduos classe D, pois nessa fase há grande utilização de materiais como: latas de tintas, solventes, entre outros. Os resíduos de classe A estimados tem relação com as telhas cerâmicas e a impermeabilização da cobertura, enquanto os resíduos de classe B se deve a estrutura do telhado, como as tesouras.

Tabela 10 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de coberturas e pinturas.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	8,7	29,3
	MATERIAL ASFÁLTICO	12,1	
	ARGAMASSA	8,5	
B	PLÁSTICOS	8,3	24,9
	PAPEL/PAPELÃO	0,9	
	MADEIRA	15,6	
D	LATAS DE TINTA	36,8	46,4
	SOLVENTES	0,9	
	ÓLEOS	0,9	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	7,7	

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 11 representa a estimativa de RCC na fase de limpeza da obra. Os resíduos de classe A possuem valor predominante, pois durante essa fase pode ser que sejam encontradas imperfeições em revestimentos, sendo esses defeitos mais fáceis de serem visualizados após a limpeza da edificação, fazendo com que ocorram trocas de peças cerâmicas, por exemplo, e acarretando geração de resíduos.

Tabela 11 - Caracterização e estimativa de RCC da fase de limpeza.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m ³)	Total (m ³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	13,1	39,7
	PRÉ-MOLDADOS EM CONCRETO	6,1	
	MATERIAL ASFÁLTICO	12,1	
	ARGAMASSA	8,5	
B	PLÁSTICOS	3,5	12,2
	PAPEL/PAPELÃO	2,3	
	METAIS	0,3	
	MADEIRA	4,7	
	GESSO	1,3	
	VIDROS	0,2	
D	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	1,9	1,9

Fonte: Autoria Própria.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DE RCC GERADOS DURANTE AS FASES DE EXECUÇÃO DA OBRA

Os valores foram obtidos por meio do levantamento de dados da massa dos resíduos a partir do manifesto de transporte de resíduos (MTR) gerados durante a fase de execução da obra em estudo, ou seja, RGRCC, sendo disponibilizadas pela construtora, onde constam nas Tabelas 12 a 19.

Os dados apresentados na Tabela 12 referem-se à quantificação de RCC durante a fase de limpeza superficial e escavações, onde somente se obteve geração de resíduos de classe A.

Tabela 12 - Quantificação de RCC gerado durante a execução da limpeza superficial e escavações.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	SOLOS	5.434,0	5.434,0
B	PLÁSTICOS	0,0	0,0
	PAPEL/PAPELÃO	0,0	
D	ÓLEO	0,0	0,0
	SOLVENTE	0,0	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	0,0	

Fonte: Autoria Própria.

Silva, Santo e Araujo (2017) analisaram uma obra de alto padrão, composta por 16 pavimentos tipo, totalizando 68 apartamentos e uma área construída de 13.194,09m², e através deste estudo obtiveram um volume de 450 m³ de resíduos gerados na fase de limpeza/terraplanagem do terreno.

O valor do volume de resíduo gerado pela área da obra estudada por Silva, Santo e Araujo (2017) é de 0,034m³/m², dado este que foi calculado considerando apenas os resíduos de classe A solos gerados na fase de limpeza do terreno. Já, para a obra em estudo esse valor é de 1,199m³/m², ou seja, gerou 3.526,5% a mais de volume de resíduos por área construída em relação a obra dos autores acima citados. Este fato pode estar relacionado com as características do terreno, assim como a escavação para a execução dos 2 subsolos, enquanto que a obra dos autores acima citados ter utilizado de vagas de garagem no térreo e mezanino, diminuindo com isso a escavação de solo do terreno e, conseqüentemente, a geração de resíduos de solos classe A.

A quantificação de RCC durante a fase de fundações da obra é apresentado na Tabela 13, onde é predominante a geração de resíduos de classe A e B. Uma vez que a classe A é devida a retirada do solo e a classe B ao preparo das formas de madeira das vigas baldrame. Os resíduos de concreto apesar de estimados não foram gerados, pois o concreto foi usinado em central dosadora.

Para a estimativa de geração de resíduos de classe A nessa etapa da obra foi previsto resíduos de pré-moldados em concreto, porém durante a execução da mesma não houve a utilização desse material.

Tabela 13 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de fundações.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	SOLOS	2.962,0	2.962,0
	RESÍDUOS DE CONCRETO	0,0	
B	PLÁSTICOS	0,0	475,9
	PAPEL/PAPELÃO	0,0	
	MADEIRA	474,9	
	METAIS	1,1	
D	SOLVENTES	0,0	0,0
	ÓLEOS	0,0	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	0,0	

Fonte: Aatoria Própria.

Os dados apresentados na Tabela 14 referem-se à quantificação de RCC na fase de superestrutura da obra, sendo gerado apenas resíduo de classe B, onde nessa fase usa-se demasiadamente a madeira para fazer as formas da estrutura (vigas, pilares e lajes).

Tabela 14 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de superestrutura.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	CONCRETO USINADO	0,0	0,0
	MADEIRA	214,8	
B	PAPEL/PAPELÃO	0,0	214,8
	METAIS	0,0	
	PLÁSTICOS	0,0	
D	ÓLEOS	0,0	0,0
	SOLVENTES	0,0	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	0,0	

Fonte: Aatoria Própria.

A Tabela 15 apresenta os dados de RCC gerados durante a fase de alvenaria, sendo predominantemente gerado resíduos de classe A, que inclui componentes cerâmicos (devido a quebra dos blocos) e argamassa de assentamento.

Tabela 15 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de alvenaria.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	5,4	10,6
	ARGAMASSA	5,2	
	MATERIAL ASFÁLTICO	0,0	
	CONCRETO USINADO	0,0	
B	PLÁSTICOS	0,0	1,9
	PAPEL/PAPELÃO	0,0	
	METAIS	1,9	
	MADEIRA	0,0	
C	LÃ DE VIDRO	0,0	0,0
D	ÓLEOS	0,0	0,0
	SOLVENTES	0,0	
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	0,0	

Fonte: Autoria Própria.

Os dados apresentados na Tabela 16 referem-se à quantificação de RCC na fase de instalações elétricas e hidráulicas da obra, sendo predominantemente gerados resíduos de classe A, pois nessa fase da ocorrem recortes de blocos cerâmicos para a realização de algumas instalações, fazendo com que ocorra a geração desses resíduos. A geração dos resíduos de classe B é em decorrência de recortes dos tubos utilizados nas instalações hidráulicas, assim como dos conduítes utilizados nas instalações elétricas, além dos resíduos gerados pelas embalagens desses materiais utilizados. Para a classe C foram gerados resíduos de poliuretano, também conhecido como PU, material utilizado para vedações de portas, janelas, esquadrias, e afins.

Tabela 16 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de instalações elétricas e hidráulicas.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	216,7	420,1
	ARGAMASSA	203,4	
B	PLÁSTICOS	2,3	13,6
	PAPEL/PAPELÃO	8,7	
	METAIS	2,6	
	MADEIRA	0,0	
C	TUBOS DE POLIURETANO	17,3	17,3
	LÃ DE VIDRO	0,0	
D	ÓLEOS	0,0	0,0
	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	0,0	

Fonte: Autoria Própria

A quantificação de RCC durante a fase de revestimentos internos e externos da obra é apresentado na Tabela 17, onde a geração de resíduos ocorre apenas para a classe B. Devido às embalagens dos revestimentos cerâmicos e preparo do rebaixo do forro e paredes em drywall. Nessa fase não ocorreu quantificação de resíduos cerâmicos, fato este que pode estar relacionado com o aproveitamento total dos materiais.

Tabela 17 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de revestimentos internos e externos.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m³)	Total (m³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	0,0	0,0
	MATERIAL ASFÁLTICO	0,0	
	ARGAMASSA	0,0	
B	PLÁSTICOS	3,5	175,5
	PAPEL/PAPELÃO	92,2	
	METAIS	0,0	
	MADEIRA	0,0	
	GESSO	79,9	
	VIDROS	0,0	
	LÃ DE VIDRO	0,0	
C	MASSA DE VIDRO	0,0	0,0
	MANTA ASFÁLTICA	0,0	

Fonte: Autoria Própria.

Para a fase de coberturas e pinturas não foram gerados dados de quantificação de resíduo. Dados esses que podem estar relacionados ao maior

aproveitamento dos materiais, por serem de valores altos, assim como também pode ter ocorrido uma má gestão dos resíduos sólidos nessa etapa. A execução da estrutura de cobertura da obra foi realizada através de perfis metálicos, ou seja, construção enxuta.

Na Tabela 18 estão descritas as gerações de RCC quantificados na fase de limpeza da obra, onde nessa fase foram quantificados geração de material classe D, que são ditos materiais contaminados, os quais são de uso comum para a realização de limpeza da obra, como solventes. Além dos materiais de limpeza, nesta fase da obra encontram-se a geração de resíduos de equipamentos de proteção individual (EPI's), os quais estão dispostos na classificação de resíduos contaminados.

Tabela 18 - Quantificação de RCC gerado durante a fase de limpeza.

Caracterização		Quantificação	
Classe	Resíduo	Quantidade (m ³)	Total (m ³)
A	COMPONENTES CERÂMICOS	0,0	0,0
	CONCRETO USINADO	0,0	
	MATERIAL ASFÁLTICO	0,0	
	ARGAMASSA	0,0	
B	PLÁSTICOS	0,0	0,0
	PAPEL/PAPELÃO	0,0	
	METAIS	0,0	
	MADEIRA	0,0	
	GESSO	0,0	
	VIDROS	0,0	
D	MATERIAIS CONTAMINADOS DIVERSOS	14,9	14,9

Fonte: Autoria Própria.

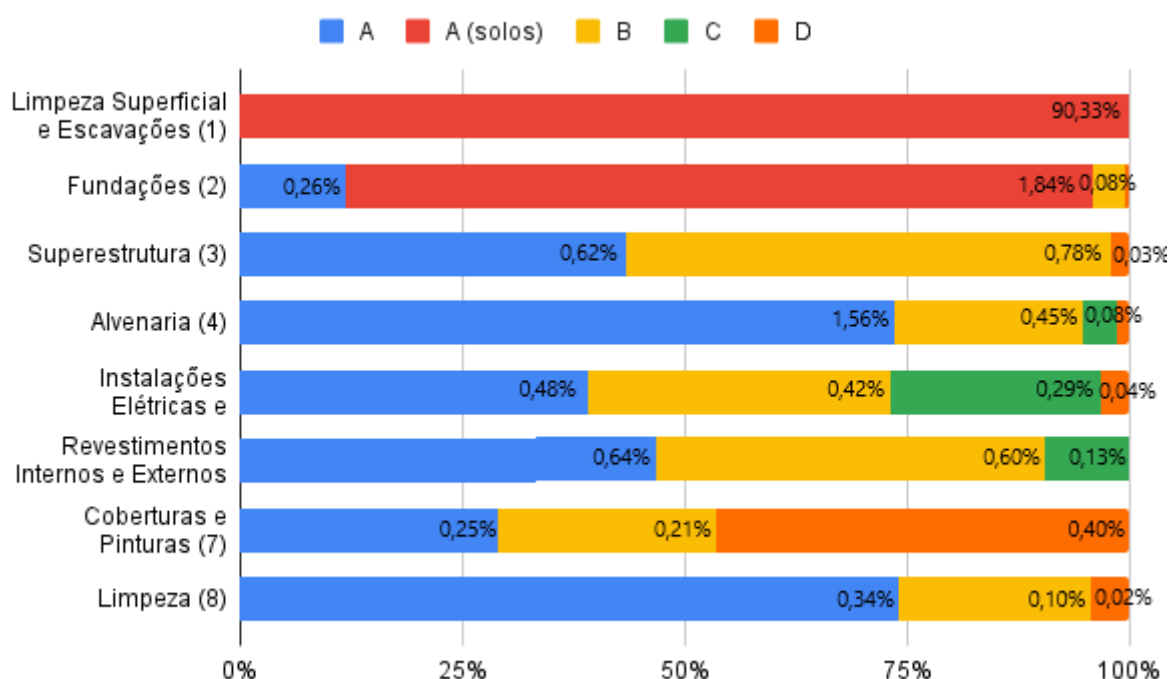
4.3 IDENTIFICAÇÃO DE PORCETAGEM DE GERAÇÃO DE RCC

A elaboração do Plano de Gerenciamento de Construção Civil (PGRCC) permite estimar as quantidades esperadas de resíduos sólidos na obra de estudo, podendo ser diluída em suas respectivas classes, sendo que os resíduos de Classe A (solos) foram estimados em maior quantidade (92,17%), seguidos da Classe A (4,15%), Classe B (2,65%), dos quais são passíveis de reutilização e reciclagem. Já, os resíduos de classe C (0,50%) e classe D (0,53%) como não são viáveis para

reciclagem e reutilização, devem ser encaminhados para locais especializados e licenciados para o recebimento desses materiais.

Na Figura 3 estão distribuídas as quantidades de resíduos sólidos estimados por etapas da obra no PGRCC e suas respectivas classes de resíduos seguindo a classificação da Resolução CONAMA n°307 de 2002.

Figura 3 - Composição dos RCC estimados por etapa da obra.



Fonte: Autoria Própria.

Para a fase (1) limpeza superficial e escavações foi estimado apenas geração de resíduos de classe A solos, devido ao fato que nessa etapa da obra não há a construção propriamente dita. Para a fase (2) fundações, estimou-se a geração tanto de resíduos de classe A e classe A solos, sendo nessa fase de construção gerados resíduos do tipo cerâmica, argamassas e, também, solo. A fase (3) de superestrutura foi estimada geração de resíduos tanto classe A, quanto B e D. Nesta fase considerou-se a geração de resíduos de classe A, sendo componentes cerâmicas, argamassas, entre outros. Já para os resíduos de classe B para essa fase engloba o uso de madeiras, utilizada para fabricação de formas para a estrutura.

Já, na fase (4) alvenaria foram estimados valores de resíduos para todas as classes, sendo predominante a geração de resíduos de classe A, normalmente

provenientes de quebra de bloco cerâmicos durante o assentamento de alvenaria, assim como desperdício de argamassa.

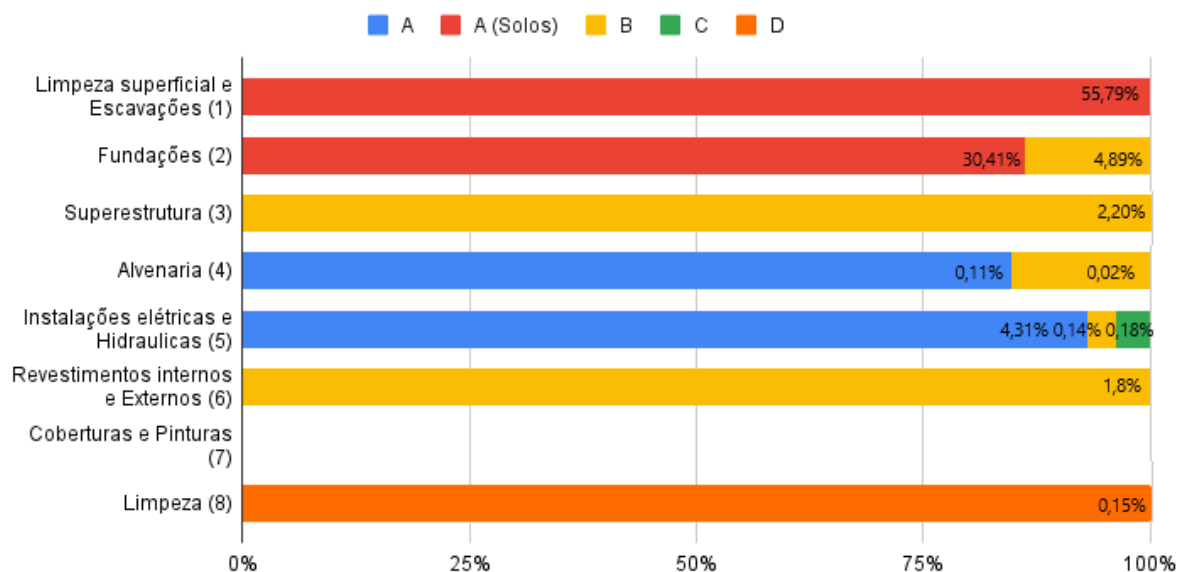
A fase (5) instalações elétricas e hidráulicas foi estimado também a geração de resíduos de todas as classes, porém os resíduos do tipo classe A e B foram predominantes, leva-se em consideração que nessa etapa ocorre cortes na alvenaria para que sejam inseridas as tubulações.

Para os revestimentos internos e externos, classificados como fase (6) da obra, foram estimada geração de resíduos de classes A, B e C, levando-se em consideração que nessa etapa da obra geram-se diversos tipos de resíduos tanto de pequenas demolições para instalação de algum revestimento, sendo esses classificados como resíduos de classe A, assim como geração de resíduos de embalagens de produtos para esses revestimentos, os quais são classificados como resíduos de classe B. Logo, também nessa fase geram-se resíduos de classe C, pois nessa fase utiliza-se do material lã de pet, o qual possui função de isolamento térmico e acústico da obra.

Enquanto, para a fase (7) de coberturas e pinturas foi estimado geração de resíduos predominantemente de classe D, sendo esses resíduos ditos perigosos, como tintas, solventes, entre outros. Para a fase (8) foi estimado geração de resíduos predominantemente de classe A.

Na Figura 4 estão apresentadas as composições dos resíduos gerados por etapas da obra em estudo. A síntese dos resíduos estimados e gerados está apresentada no apêndice B.

Figura 4 - Composição dos RCC gerados por etapa da obra.



Fonte: Autoria Própria.

Em algumas fases houve coerência entre o estimado e o gerado. O esperado para a fase (1) de limpeza e escavações era apenas de classe A solos, permanecendo em conformidade com o que foi estimado e o que foi gerado. Para fase (2) de fundações o que se observou foram valores estimados apenas de resíduos de classe A, porém durante a quantificação dos resíduos obtiveram-se valores gerados tanto de classe A solos quanto de classe B. A madeira ou também conhecido por madeirite, é um material que proporciona boa reutilização, principalmente para a fabricação de formas para a estrutura, portanto, a grande geração desse resíduo nessa etapa da obra, pode ser vista como uma má utilização desse material. Já a não geração de resíduos de concreto, deve-se ao fato de ter sido concreto usinado para a execução de toda a estrutura da obra.

Para a fase (3) de superestrutura obteve-se apenas classe B nos resíduos gerados, sendo que essa classe engloba madeiras, material usado para a fabricação de formas, da qual seu uso se mantém indispensável para essa etapa da obra. O fato de não se ter gerado resíduos de classe A nessa fase tem a ver com a utilização de concreto usinado utilizado para a execução da estrutura, reduzindo com isso a geração de resíduos, propiciando a otimização do processo de concretagem da obra, assim como qualidade e agilidade. A fase (4) alvenaria, se destaca entre a maior geradora de resíduos de bloco cerâmico, assim como argamassas e concreto, na Figura 4 esses dados ficam mais evidentes, sendo que a geração de resíduos de

classe A foi a de maior percentual nessa fase. Durante a fase (5) de instalações elétricas e hidráulicas o que se verifica é uma maior geração de resíduos da classe A, diferente do que se esperava pelo que foi estimado, onde se via uma maior distribuição de geração de resíduos entre as respectivas classes.

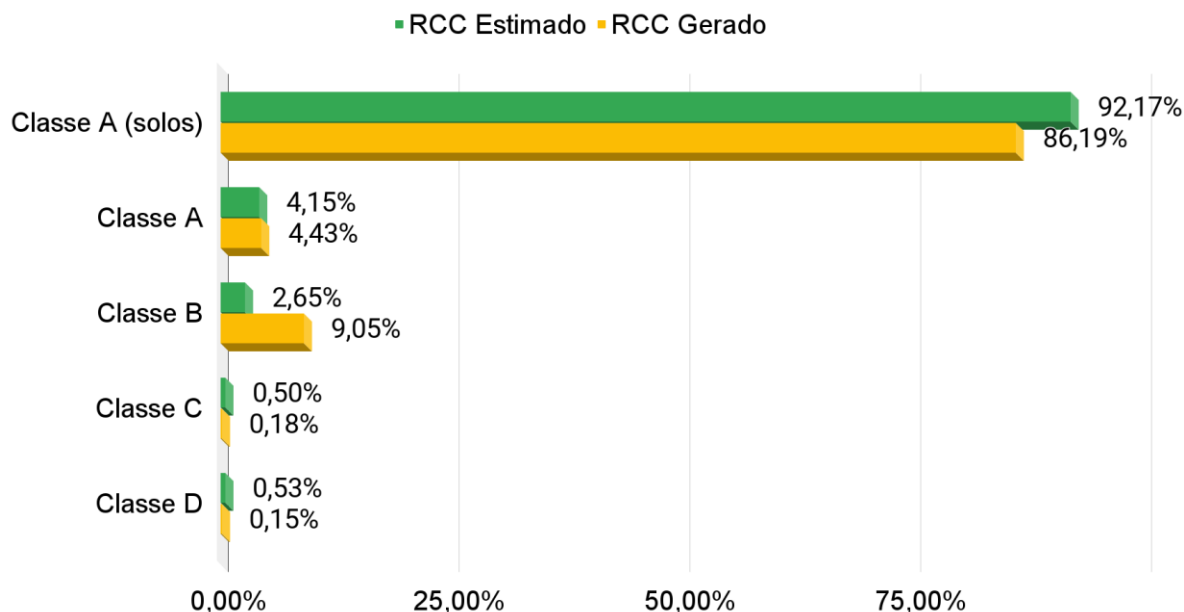
Já, na fase (6) dos revestimentos internos e externos a geração de resíduos foi predominantemente classe B, nessa fase inclui-se processos de paredes e forros de drywall, justificando com isso o aumento de classe B nessa etapa. A fase (7) coberturas e pinturas para a obra não geraram nenhum resíduo, fato esse que indica que pode ter ocorrido uma má gestão dos resíduos nesse período. Por fim, a fase (8) da limpeza da obra, foi contra ao que estimado, no qual tinha resíduos de classe A nesta fase, porém para os resíduos gerados verificou-se apenas classe D, sendo esses descritos como perigosos, incluindo solventes, tintas, entre outros.

Para o PGRCC são previstos geração de resíduos de Classes A, B C, e D, porém durante a execução da obra alguns resíduos como Classe D são utilizados de forma racionalizada, o qual apresenta-se no RGRCC de forma geralmente desconsiderados.

4.3.1 Estimativa e Geração de Resíduos Sólidos em Relação ao todo da obra

O percentual total estimado (PGRCC) de resíduos de construção civil em relação à obra é predominante composto por resíduos de classe A (solos), sendo essa classe composta por 92,17% de resíduo estimado, seguidos por classe A, composto por 4,15%, classe B, estimados em 2,65% do total de resíduos da obra, classe C com 0,5% e classe D com 0,53%, somando-se com isso o total de 100% dos resíduos que foram estimados para a obra (Figura 5).

Figura 4 - Estimativa e Geração de RCC por Classes..



Fonte: Autoria Própria.

Verifica-se que o percentual total de resíduos gerados (RGRCC) de construção civil em relação à obra foi predominante composto por resíduos de classe A (solos), sendo essa classe composta por 86,19% de resíduos gerados, seguidos por classe A, a qual gerou 4,43% dos resíduos, classe B, somando-se em 9,05% do total de resíduos da obra, classe C com 0,18% e classe D com 0,15%, totalizando os 100% dos resíduos que foram gerados durante a execução da obra.

Com isto foi possível verificar que na composição dos resíduos de classe A e classe A solos possuem valores aproximados entre o estimado e o gerado. Ocorre um aumento no percentual da composição de resíduos de classe B em relação ao estimado e, entre as classes C e D houve uma redução na composição de geração de resíduos entre o que se esperava e o que foi gerado. O aumento dos resíduos de classe B pode ser devido à grande utilização de madeirite, material que não estava estimado em grandes quantidades no PGRCC, mas também o fato de ter sido utilizado laje nervurada na execução da obra, estrutura esta que depende da utilização de cubetas, que são formas plásticas, material facilmente quebrável, e consequentemente gerando mais resíduos para a obra.

Diante desses dados, pode-se concluir que o RGRCC da obra estudada manteve uma proporção similar da composição do PGRCC, entretanto, foi possível analisar que a obra gerou cerca de 11% a menos para resíduos de classe A, 22% a

menos de resíduos de classe A solos, 31% a mais para resíduos de classe B, 70% a menos de resíduos de classe C e, aproximadamente, 76% a menos de geração de resíduos de classe D. No geral, a obra gerou aproximadamente 21% a menos dos resíduos que foram estimados no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

As Tabelas 20 e 21 representam o índice de volume de resíduos gerado por m² de área construída da obra em estudo. Percebe-se que há um aumento desse índice quando se contabiliza os resíduos de classe A solos. Sendo de 0,124 m³/m² o índice de volume de resíduos gerados sem considerar a classe A solos, e 1,079 m³/m² considerando a classe A solos. Fato este que indica que o maior percentual de resíduos gerados está na fase de limpeza, escavações e fundações da obra.

Tabela 19 - Índice de volume de resíduos gerados por m² de área construída da obra de estudo (sem considerar geração de classe A solos).

Obra	Volume total de resíduos (m ³)	Área total construída (m ²)	Volume de resíduos/ Área construída m ³ /m ²
A	1090,40	8.794,15	0,124

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 20 - Índice de volume de resíduos gerados por m² de área construída da obra de estudo (considerando geração de classe A solos).

Obra	Volume total de resíduos (m ³)	Área total construída (m ²)	Volume de resíduos/ Área construída m ³ /m ²
A	9.486,40	8.794,15	1,079

Fonte: Autoria Própria.

Bertol, Raffler e Santos (2013) estudaram a geração de RCC em 10 obras prediais da cidade de Curitiba/PR. As obras foram classificadas pelas autoras de 01 a 10, ambas possuem características construtivas distintas, diferentes volumes de resíduos gerados, assim como áreas construídas variadas. Portanto, as obras 02 e 07 foram as que mais se aproximam da obra estudada neste trabalho. Onde, a obra 02 computada com 7.907,57m² de área construída, totalizando 11 pavimentos e 1.056,50m³ de geração de resíduos de construção civil e dentre esses resíduos 41,98% gerados são de classe A, 52,34% classe B, 2,37% classe C, e 3,31% de classe D. Já a obra 07 possui 7.512,15 m² de área construída, 8 pavimentos e 542,34m³ de geração de resíduos de construção civil, sendo composto por 60,17% de classe A, 37,07% de classe B, 0,92% de classe C, e 1,84% de classe D.

Segundo relatado pelas autoras, não foram considerados os volumes de solo retirado nas escavações das obras, portanto, os valores para Classe A referem-se apenas aos resíduos gerados nas demais etapas construtivas.

Diante do exposto, é possível verificar que há uma proximidade entre as obras analisadas e a obra estudada neste trabalho, através do índice de geração de resíduos, o qual é a relação entre a geração total de resíduos e a área construída.

Verificou-se que para a obra 02 o valor é de $0,134 \text{ m}^3/\text{m}^2$, para a obra 07 de $0,072 \text{ m}^3/\text{m}^2$, e para a obra estudada neste trabalho o valor é de $0,124 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Vale ressaltar que para o valor obtido não está sendo considerada a geração de resíduos de classe A solos, para que fosse possível uma análise comparativa entre as obras.

A diferença do índice do volume de resíduos, tanto entre as 2 obras analisadas, quanto à obra estudada neste trabalho, pode estar relacionadas ao método construtivo utilizado, tipo de fundação, assim como tipos de estruturas aplicadas em cada obra, características de alvenaria que foram empregadas, assim como tipos de revestimentos e acabamentos realizados nas obras.

Portanto, percebe-se que os índices analisados por Bertol, Raffler e Santos (2013) e o obtido na obra em estudo, sendo ambas situadas no mesmo município, e com uma diferença de tempo de 8 anos, a obra deste estudo apresentou um índice de geração de resíduos maior que as obras estudadas pelas autoras citadas. Dado este que pode estar relacionado ao não aprimoramento da gestão de resíduos sólidos, ou também pela hipótese de antigamente não se realizarem a quantificação correta dos RCC nas obras.

4.4 SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA O PGRCC E RGRCC

Há diversas maneiras de se promover um bom gerenciamento dos resíduos sólidos nos canteiros de obras, podendo ser: desenvolvimento de ações que orientem os profissionais do setor da construção civil sobre formas corretas e eficazes de se reduzir a geração desses resíduos, orientá-los sobre formas de acondicionamentos, possibilitando que ocorra corretamente o transporte e o manejo adequado desses resíduos.

Realizar o PGRCC de acordo com os materiais e métodos construtivos que realmente estão previsto em projeto para a execução da obra. Utilizar de métodos

de compatibilização de projetos executivos, pois evita que sejam realizados retrabalhos e conseqüentemente geração de resíduos sólidos.

Ao se elaborar um PGRCC deve-se considerar todos os tipos de materiais que serão realmente utilizados na execução da obra, assim como, instruir os profissionais dos canteiros de obras sobre boas práticas de gerenciamento de resíduos, assim faz-se possível realizar um RGRCC muito próximo do que se foi estimado. Além de facilitar a execução da obra, contribuir com o meio ambiente, reduz também os custos provenientes desses desperdícios.

Identificar os principais processos para gerenciar os resíduos nos canteiros de obras é importante para conseguir implementar adequadamente o PGRCC. Levantando esses fatores, as construtoras e os profissionais têm a possibilidade de reduzir os esforços desnecessários no canteiro para realizar as medidas de gerenciamento de resíduos de construção civil e focar nas práticas primordiais que trarão alto benefício na eficiência do gerenciamento desses resíduos (SILVA, 2021).

Portanto, os PGRCC devem ser desenvolvidos de forma prática, como uma listagem de procedimentos a serem seguidas, informações detalhadas e previstas em planejamento prévio para especificidade de cada obra, bem como com o intuito de facilitar a sua aplicação nos canteiros de obras. Com isso, pode-se observar que todos os documentos avaliados seguem referências de manuais sobre gerenciamento de RCC, mas apresentam muita teoria de forma padronizada e poucas propostas práticas direcionadas ao canteiro onde de fato será implantado. Isso pode acarretar ao não seguimento das propostas do PGRCC, tendo em vista que gestor da obra deverá realizar uma interpretação dos conceitos do documento para então poder aplicá-los (SILVA, 2021).

No entanto, além de ser um mecanismo de incentivo financeiro para que um documento seja simplesmente elaborado e entregue às prefeituras, nota-se a necessidade de ser oferecido ao gerador um sistema de apoio desde o planejamento, com a elaboração do PGRCC da obra, até a fase de execução propriamente dita. De modo que na fase de gerenciamento, o sistema seja alimentado com valores reais de geração, o que levaria dados comparativos em relação aos volumes previstos no Plano, gerando indicadores e um banco de dados para obras futuras (LOBO, 2019).

Pode-se considerar que a exigência de elaboração do PGRCC aos grandes geradores é uma das maneiras que o poder público tem para controlar o manejo dos

RCC nas cidades. No entanto, ainda se tem restrição a respeito dos pequenos geradores, visto que esses revelam uma parcela representativa de geração de resíduos de construção civil. Portanto, a exigência de Planos de Gerenciamento de Construção Civil simplificados à essa parcela, não menos importante, deveria ser cada vez mais praticada (LOBO, 2019).

5 CONCLUSÃO

Com a elaboração deste trabalho, verificou-se a importância da realização do planejamento e organização no canteiro de obras, e conseqüentemente um bom gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil (RCC). Utilizando como ferramenta principal as diretrizes da resolução CONAMA nº 307/2002 concomitante a lei PNRS 12.305/2010 foi possível obter uma análise ampla entre os resultados disponibilizados através do PGRCC e os obtidos pelo RGRCC da obra em questão.

A partir do PGRCC pode-se perceber que do total de resíduos de construção civil 96,32% foram estimados para resíduos de classe A (contendo solos), 2,65% de resíduos de classe B, 0,5% de resíduos de classe C, e 0,54% de resíduos de classe D. O que se obteve no RGRCC também em relação do total de resíduos na obra foram 90,62% de resíduos gerados de classe A (contendo solos), 9,05% de resíduos gerados de classe B, 0,18% de resíduos de classe C e 0,15% de resíduos de classe D. A diferença observada entre o PGRCC e o RGRCC pode ser devido a prever processos construtivos distintos do que realmente foram executados na obra, como o fato de prever pré-moldados de concreto e na realidade foi utilizado concreto usinado.

Diante disso, constatou-se que os dados de geração de resíduos sólidos a partir do RGRCC, assim como os estimados pela empresa para a obra de estudo, na composição do seu PGRCC obtiveram-se percentuais aproximados para os resíduos de classe A, porém um aumento em relação à geração de resíduos de classe B, podendo esse aumento ter sido gerado através da utilização de cubetas para a execução da laje nervurada, contribuindo assim na geração desse resíduo, por ser esse material constituído de plástico.

Contudo, para os resíduos de classe C e D houve uma redução em sua geração, sendo esses resíduos consumidos em menor escala em relação aos resíduos de classe A e B, além de possuírem um volume menor também, contam com maiores cuidados em relação ao seu manejo, devido serem resíduos de classe perigosa e possuírem um custo mais elevado em relação aos demais materiais.

Portanto, ao se elaborar um PGRCC deve-se considerar todos os tipos de materiais que serão realmente utilizados na execução da obra, assim faz-se possível realizar um RGRCC muito próximo do que se foi estimado, com isto, além de

contribuir com o meio ambiente, reduz os custos provenientes de desperdícios de materiais.

Com base nos dados analisados, pode-se perceber que houve uma boa gestão da equipe com os materiais de resíduos sólidos no canteiro da obra. Utilizando como ferramenta principal as diretrizes da resolução CONAMA nº 307/2002, durante a separação e classificação dos resíduos, fato este comprovado pela liberação do CVCO da obra.

5.1 Sugestões Para Futuros Trabalhos

- Realizar análise de geração de RCC das mais diversas construções, tanto da construção civil convencional, quanto de outras técnicas construtivas como: Steel Frame, pré-moldados em concreto, entre outros;
- Verificar a eficiência dos RCC com a implementação de softwares BIM nos projetos, e;
- Análise de políticas públicas de outros estados para o gerenciamento dos resíduos de construção civil.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. D. M. **Identificando a Percepção dos Gestores do Setor de Construção Civil Sobre as Principais Tendências e as Dificuldades Enfrentadas na Aplicação da Logística Reversa no Município de Juiz de Fora**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração), Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PUBLICA E RESIDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>> Acesso em: 15 março. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004e.

BERTOL, C. A.; RAFFLER, A.; PIMENTEL, S. J. **Análise da Correlação entre a Geração de Resíduos da Construção Civil e as Características da Obra**. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

BEZERRA, M. C. **Análise de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Obras do Município de São Paulo e Região**. Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade. São Paulo, 2019.

BOHNE, R. A.; BERGSDAL, H.; BRATTEBO, H. Dynamic eco-efficiency modeling for recycling or C&D waste, Norwegian University of Science and technology - Industrial Ecology Programme, 2005.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto 2010 Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Curitiba, PR, 03 abril, 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986. Art 1°. < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> > Acesso em: 18 abril. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 01 de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, responsabilidades, critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em < <http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf> > Acesso em: 20 abril. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> > Acesso em: 15 março.2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 348, de 16 de agosto de 2004. Inclui amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 ago. 2004. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449> > Acesso em: 18 abril. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 431, de 24 de maio de 2011. Estabelece nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 mai. 2011. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649> > Acesso em: 18 abril. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 jan. 2012. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=116060> > Acesso em: 18 abril. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 469, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA n 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 de julho. 2015. Disponível em: < <http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Resolucao-CONAMA-469-de-29-07-2015.pdf> >. Acesso em: 18 abril. 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Plano de gestão de resíduos da construção civil – PGRCC.** 2013. Disponível em: < file:///C:/Users/brnaj/Downloads/090800Proj_Eng_31_-_RESIDUOS_3_-_PGRCC_exemplo_CEF.pdf >. Acesso em: 20 março.2021.

COELHO JUNIOR, A. R.; GONÇALVES, B. B.; AMADOR SALOMÃO, P. E.; COSTA JUNIOR, H.; SILVA, I. G. Importância do Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil, Itajuba. **Research, Society and Development**, v.7, n.10, p.01-17, maio, 2018.

CURITIBA, Decreto nº197. Dispõe sobre áreas não computáveis e dá outras providências. 2000. Disponível em: <<https://mid.curitiba.pr.gov.br/2010/00084686.pdf>>. Acesso em: 01 agosto. 2021.

CURITIBA. Decreto nº 1068, de 18 de novembro de 2004 Institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba e Altera Disposições do Decreto Nº 1.120.97. Curitiba, PR, 18 Nov. 2004. Disponível em:<<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2004/106/1068/decreto-n-1068-2004-institui-o-regulamento-do-plano-integrado-de-gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil-do-municipio-de-curitiba-e-altera-disposicoes-do-decreto-n-1120-97-2004-11-18>>. Acesso em: 02 maio. 2021.

CURITIBA. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Curitiba, 2017. <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2017/00211737>. Acesso em: 03 ago. 2021.

FREIRE, V. A.; SILVA, A. M.; SILVA, D. S.; FREIRE, E. A.; LIMA, L. M. R. **Diagnóstico dos danos ambientais, riscos e perigos presentes no lixão de Massaranduba** – PB. Reserach, Society and Development. 2020.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Editora Atlas, São Paulo. 2002. 4º edição.

LOBO. M. G. **Concepção de Sistema de Controle de RCC em Canteiros de Obras de Edifícios de Múltiplos Andares**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2019.

MOREIRA, E. B. **Comportamento Mecânico de um Solo Argiloso Misturado com Resíduos de Construção e Demolição para utilização em Pavimentação**. 2018. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Editora Oficina de Texto. São Paulo, 2014.

NAGALLI, A.; GERALDO FILHO, P. R.; SMANIOTTO BACH, N. Densidade Aparente Média de Resíduos Sólidos Coletados em uma Obra Portuária. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**. V.9, n. 19. Curitiba, 2020.

NOVAES, M, V.; MOURÃO, C.A.M.A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Cooperativa de Construção Civil do Estado do Ceara, Fortaleza, 2008.

PARANÁ. **Lei nº17.321** de 25 de setembro. Curitiba, 2012.

PARANÁ. Lei no 12.493, de 22 de janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critério referentes a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos do Estado do Paraná. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 fev 1999. Disponível em: <http://www.lixo.com.br/documentos/leiparana.pdf> Acesso em: 20 abril. 2021.

PARANÁ. Lei no 19.261, de 07 de dezembro de 2017. Cria o Programa Estadual de Resíduos Sólidos Paraná Resíduos para atendimento às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Estado do Paraná e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 dez 2017. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/normas/estadual/parana/lei/2017_69_16.html Acesso em: 20 abril. 2021.

SILVA M. C.; SANTOS, G. O **Densidade aparente de resíduos sólidos recém coletados**. Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2011.

SILVA, C. S. S. Diagnóstico Ambiental de Áreas de Disposição de Resíduos da Construção e Demolição em Porto Alegre. Dissertação (Pós Graduação). Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Porto Alegre, 2014.

SILVA, C.W.; SANTOS, O. G.; ARAUJO, L.E.W. **Resíduos Sólidos da Construção Civil: Caracterização, Alternativas de Reuso e Retorno Econômico**. Florianópolis, 2017.

SILVA, J. D. S.S. **Análise de Práticas Eficazes no Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Canteiro de Obras: Proposta de um Manual**. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2021.

SILVA, Otavio Henrique da et AL.: Etapas do gerenciamento de RCC. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 19, 2015.

SIMONI, J. H. **Análise de usina de resíduos da construção civil de Maringá – Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: avanços institucionais e melhorias técnicas**. 2015. Disponível em: < <https://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%C3%84DUOS-2015.pdf>>. Acesso em: 20 abril. 2021.

TOZZI, R. F. Caracterização, avaliação e gerenciamento da geração de resíduos da construção civil (RCC) em duas obras no município de Curitiba/PR- Brasil. 99 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

VASCONCELOS, K. B.; LEMOS, C. F. Densidade aparente dos resíduos da construção civil em Belo Horizonte – MG. In; CONGRESSO BRASILEIRO DE

GESTÃO AMBIENTAL, 6.,2015, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: Centro Universitário Metodista IPA, 2015.

VENTURINI, J. **Planejamento: Classificação de resíduos**. PINI. São Paulo, 2011.

APÊNDICE A – MODELO DE MTR UTILIZADO

MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS		
TRANSPORTADOR		N°
Nome da empresa:		
Inscrição Municipal:	CNPJ:	
Endereço:	CEP:	
Telefone:		
Alvará:		
Cadastro SMMA	Validade:	
GERADOR		
Nome:		
CNPJ:		
Título da obra:		
N° Alvará (SMU):		
COLETA		
Data:		
Endereço:		
Placa:	Volume da Caçamba (m³):	
DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS		
CLASSE A	CLASSE B	
Solos	Madeira	
Material Asfáltico	Plástico	
Material Cerâmico	Papel/Papelão	
Concreto	Metal	
Argamassa	Vidro	
Outros:		
DESTINO		
Endereço:		
Indicação Fiscal:	Autorização Ambiental n°:	
Município:	Validade:	
ASSINATURA/CARIMBOS		
Gerador	Transportador	Destinatário

**APÊNDICE B – SÍNTESE DE RCC ESTIMADOS E GERADOS NAS PRINCIPAIS
FASES DA OBRA**

Síntese de estimativa dos RCC nas principais fases da obra.

Classe	A (m³)	A (solos) (m³)	B (m³)	C (m³)	D (m³)	TOTAL (m³)
Limpeza Superficial e Escavações (1)	0,00	10.546,34	1,16	0,00	0,79	10548,29
Fundações (2)	30,28	215,23	8,98	0,00	1,23	255,72
Superestrutura (3)	72,66	0,00	90,86	0,00	2,99	166,51
Alvenaria (4)	181,66	0,00	52,64	8,97	3,43	246,7
Instalações Elétricas e Hidráulicas (5)	55,71	0,00	48,74	33,99	4,54	142,98
Revestimentos Internos e Externos (6)	75,09	0,00	70,26	15,56	0,00	160,91
Coberturas e Pinturas (7)	29,31	0,00	24,91	0,00	46,37	100,59
Limpeza (8)	39,72	0,00	12,24	0,00	1,99	53,95
Total	484,43	10.761,57	309,79	58,52	61,34	11675,65

Fonte: Autoria Própria.

Síntese de estimativa dos RCC em porcentagens.

Classe	A (m³)	A (solos) (m³)	B (m³)	C (m³)	D (m³)	Total (m³)
Limpeza Superficial e Escavações (1)	0,00%	90,33%	0,01%	0,00%	0,01%	90,34%
Fundações (2)	0,26%	1,84%	0,08%	0,00%	0,01%	2,19%
Superestrutura (3)	0,62%	0,00%	0,78%	0,00%	0,03%	1,43%
Alvenaria (4)	1,56%	0,00%	0,45%	0,08%	0,03%	2,11%
Instalações Elétricas e Hidráulicas (5)	0,48%	0,00%	0,42%	0,29%	0,04%	1,22%
Revestimentos Internos e Externos (6)	0,64%	0,00%	0,60%	0,13%	0,00%	1,38%
Coberturas e Pinturas (7)	0,25%	0,00%	0,21%	0,00%	0,40%	0,86%
Limpeza (8)	0,34%	0,00%	0,10%	0,00%	0,02%	0,46%
Total	4,15%	92,17%	2,65%	0,50%	0,53%	100,00%

Fonte: Autoria Própria.

Síntese dos valores de RCC gerados durante a fase de execução da obra.

Classe	A (m³)	A (solos) (m³)	B (m³)	C (m³)	D (m³)	Total (m³)
Limpeza superficial e Escavações (1)	0,00	5.434,00	0,00	0,00	0,00	5434,00
Fundações (2)	0,00	2.962,00	0,00	0,00	0,00	2962,00
Superestrutura (3)	0,00	0,00	214,76	0,00	0,00	214,76
Alvenaria (4)	10,64	0,00	1,95	0,00	0,00	12,59
Instalações elétricas e Hidráulicas (5)	420,10	0,00	13,62	17,25	0,00	450,97
Revestimentos internos e Externos (6)	0,00	0,00	175,54	0,00	0,00	175,54
Coberturas e Pinturas (7)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limpeza (8)	0,00	0,00	0,00	0,00	14,95	14,95
Total	430,74	8396,00	405,87	17,25	14,95	9264,81

Fonte: Autoria Própria.

Percentual de RCC gerados durante a fase de execução da obra.

Classe	A (m ³)	A (solos) (m ³)	B (m ³)	C (m ³)	D (m ³)	Total (m ³)
Limpeza superficial e Escavações (1)	0,00%	55,79%	0,00%	0,00%	0,00%	55,79%
Fundações (2)	0,00%	30,41%	4,89%	0,00%	0,00%	35,29%
Superestrutura (3)	0,00%	0,00%	2,20%	0,00%	0,00%	2,20%
Alvenaria (4)	0,11%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,13%
Instalações elétricas e Hidráulicas (5)	4,31%	0,00%	0,14%	0,18%	0,00%	4,63%
Revestimentos internos e Externos (6)	0,00%	0,00%	1,80%	0,00%	0,00%	1,80%
Coberturas e Pinturas (7)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Limpeza (8)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	0,15%
Total	4,42%	86,19%	9,05%	0,18%	0,15%	100,00%

Fonte: Autoria Própria.