

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JÚLIO GUILHERME PEDERIVA

**PROJETO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE RECICLAGEM COM
UM TRITURADOR DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE GUARARAPES-SP**

CAMPO MOURÃO

2023

JÚLIO GUILHERME PEDERIVA

PROJETO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE RECICLAGEM COM
UM TRITURADOR DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE GUARARAPES-SP

PROJECT FOR THE IMPLEMENTATION OF A RECYCLING CENTER WITH A
WASTE CRUSHER IN THE MUNICIPALITY OF GUARARAPES-SP

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues
Halmeman.

Coorientador: Prof. Sergio Roberto Oberhauser
Quintanilha Braga.

CAMPO MOURÃO

2023



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

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

JÚLIO GUILHERME PEDERIVA

PROJETO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE RECICLAGEM COM
UM TRITURADOR DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE GUARARAPES-SP

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues
Halmeman.
Coorientador: Prof. Sergio Roberto Oberhauser
Quintanilha Braga.

Data de aprovação: 12/junho/2023

Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vera Lúcia Barradas Moreira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paula Cristina de Souza
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais e família por toda a dedicação, amor, carinho e por acreditarem em mim e me apoiarem desde sempre.

Agradeço aos meus dois professores orientadores, Prof. Dr. Jorge Candido, por me auxiliar no desenvolvimento da primeira parte do trabalho e a Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman, por aceitar me orientar em um trabalho que já estava em andamento.

As engenheiras do Departamento Municipal de Engenharia e Saneamento de Guararapes, que me sugeriram o tema do trabalho e me ajudaram com todas as informações necessárias para o desenvolvimento.

Aos meus amigos, especialmente os da minha turma, que me ajudaram a superar os desafios e estiveram comigo compartilhando bons momentos diariamente.

Gratidão a todos que colaboraram para o desenvolvimento do trabalho e da minha formação.

RESUMO

O setor da construção civil é responsável por grande parte do desenvolvimento econômico do Brasil. entretanto a atividade também gera impactos ambientais no país, como a exploração de matérias-primas e a geração de resíduos sólidos. Nesse contexto, foi criada a Resolução 307 do CONAMA, definindo normas e diretrizes a respeito do condicionamento, transporte, destinação e tratamento dos resíduos sólidos da construção civil. No ano de 2010 foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da Lei nº 12.305, com o objetivo de incentivar e desenvolver novos usos e soluções para os resíduos gerados pelas obras. O objetivo do presente trabalho é analisar a viabilidade econômica da implantação de uma central de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil no município de Guararapes-SP. Para isso, foram levantados os custos de implantação do empreendimento, bem como os gastos operacionais e a projeção da receita com a venda de agregados reciclados, desenvolvendo um cenário econômico para o funcionamento da central. A análise da viabilidade econômica foi feita com base em três ferramentas de avaliação: *Payback* Descontado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno. Os resultados foram positivos, com um VPL de R\$ 208.705,61, uma TIR de 7% e um retorno financeiro em 11 anos e dois meses, mostrando que a central é viável economicamente.

Palavras-chave: agregados reciclados; construção civil; viabilidade econômica; central de reciclagem.

ABSTRACT

The civil construction sector is responsible for a large part of Brazil's economic development. However, the activity also generates environmental impacts in the country, such as the exploitation of raw materials and the generation of solid waste. As a result, CONAMA Resolution 307 was developed, defining norms and guidelines regarding the conditioning, transport, destination and treatment of solid construction waste. In 2010, the National Solid Waste Policy was created, through Law No. 12,305, with the aim of encouraging and developing new uses and solutions for waste generated by works. The objective of this work is to analyze the economic feasibility of implementing a recycling center for solid construction waste in the municipality of Guararapes-SP. For this, the project's implementation costs were surveyed, as well as operating expenses and projected revenue from the sale of recycled aggregates, developing an economic scenario for the operation of the plant. The economic viability analysis was based on three evaluation tools: Discounted Payback, Net Present Value and Internal Rate of Return. The results were positive, with a NPV of R\$ 208,705.61, an IRR of 7% and a financial return in 11 years and two months, showing that the plant is economically viable.

Keywords: recycled aggregates; construction; economic viability; recycling center.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas do processo de RCD	17
Figura 2 - Fluxo direto e reverso da cadeia logística da construção civil	24
Figura 3 - Composição quantitativa dos RCD no Brasil	27
Figura 4 - Processos dentro das centrais de reciclagem	34
Figura 5 - Separação de agregados reciclados	35
Figura 6 - Fluxograma das etapas do trabalho	36
Figura 7 - Localização de Guararapes	37
Figura 8 - Equipamento móvel de reciclagem modelo BIM 100900	42
Figura 9 - Componentes do triturador móvel	43
Figura 10 - Localização do terreno	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dispositivos legais dos resíduos sólidos da construção civil na esfera Federal	18
Quadro 2 - Normas técnicas relacionadas aos resíduos da construção civil	18
Quadro 3 - Leis estaduais de São Paulo relacionadas aos resíduos sólidos	19
Quadro 4 - Normas técnicas relacionadas aos resíduos da construção civil nas capitais	19
Quadro 5 - Os resíduos sólidos quanto sua origem	22
Quadro 6 - Os resíduos sólidos conforme sua constituição	22
Quadro 7 - Definições conforme a Resolução 307/2002	25
Quadro 8 - Aspectos sociais dos desafios para a implantação de sistemas de logística reversa no Brasil	26
Quadro 9 - Classificação dos agregados reciclados de acordo com a granulometria	28
Quadro 10 - Projeção Populacional de Guararapes	38
Quadro 11 - Estimativa de RSU de Guararapes	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos de Implantação	47
Tabela 2 - Custos de operação	48
Tabela 3 - Receita bruta ao longo dos anos.....	48
Tabela 4 - <i>Payback</i> descontado	49
Tabela 5 - Cálculo do VPL	50
Tabela 6 - Avaliação dos indicadores	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABRAGESSO	Associação Brasileira do Gesso
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACEPE	Associação Industrial do Poliestireno Expandido
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPS	Poliestireno expandido
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBDS	Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
PET	Tereftalato de etileno
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de vinila
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SLR	Sistema de Logística Reversa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 JUSTIFICATIVA	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 Resíduos da Construção Civil	16
4.2 Legislação	17
4.2.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos	20
4.2.2 NBR 10.004	21
4.2.3 Resolução CONAMA 307	22
4.3 Destinação dos Materiais	26
4.3.1 Classe A	27
4.3.2 Classe B	29
<u>4.3.2.1 Metais</u>	<u>29</u>
<u>4.3.2.2 Polímeros</u>	<u>30</u>
<u>4.3.2.3 Papeis e Papelão</u>	<u>30</u>
<u>4.3.2.4 Vidros</u>	<u>31</u>
<u>4.3.2.5 Madeira</u>	<u>31</u>
<u>4.3.2.6 Gesso</u>	<u>32</u>
4.3.3 Classe C e D	32
4.4 Centrais de Reciclagem de RCC	33
5 MATERIAL E MÉTODOS	36
5.1 Revisão Bibliográfica	36
5.2 Município e Seus Resíduos	37
5.3 Desenvolvimento do Projeto da Central de Reciclagem	40
5.4 Custos e Retorno Esperado	44
5.4.1 Valor Presente Líquido	45
5.4.2 <i>Payback</i>	45
5.4.3 Taxa Interna de Retorno	45
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1 Custos de Implantação	46
6.2 Custos de Operação	47
6.3 Projeção de Receita	48
6.4 Análise da Viabilidade Financeira	49

CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A – Projeto da central	60
APÊNDICE B – Planilha orçamentária	63

1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial modificou a maneira como a sociedade utiliza as matérias-primas, produzindo cada vez mais mercadorias em uma quantidade menor de tempo e incentivando o consumo de produtos, porém isso trouxe consequências como o aumento da quantidade de resíduos gerados, tanto pela população, que vem crescendo com o passar dos anos, quanto pela indústria.

A quantidade de resíduos nas zonas urbanas pode gerar consequências negativas, afetando o meio-ambiente, a economia e contribuindo para a proliferação de doenças. Assim, é necessário que o descarte desses materiais seja feito de maneira adequada e em locais propícios.

No setor da construção civil a preocupação com o destino dos materiais também existe, entretanto devido à diversidade de materiais, a adequação desses resíduos torna-se difícil, uma vez que cada tipo de produto possui um tratamento e destino próprios, com o agravante da variedade de métodos construtivos. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPRE), no ano de 2019 os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) representavam cerca de 57% da massa total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) das cidades.

Com a aprovação da Lei 12.305 de 2010 do Ministério do Meio-Ambiente, ficou determinada como sendo de responsabilidade do gerador dos resíduos, lidar com os custos da coleta e da destinação adequada dos rejeitos. Já o governo municipal ficou com a responsabilidade de proporcionar local próprio para o descarte do material. A Resolução Conama nº 307 de 2002 define o que são considerados como resíduos da construção e demolição, quais são as suas classes, de acordo com o tipo de tratamento necessário, para a readequação do material a linha de produção ou o tipo de descarte mais adequado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um projeto para a implantação de um centro de reciclagem com triturador de resíduos sólidos da construção civil no município de Guararapes-SP.

2.2 Objetivos Específicos

- Apontar as possibilidades de reuso dos materiais sólidos descartados que podem ser reciclados e/ou reaproveitados pelas construtoras;
- Caracterizar e quantificar os resíduos sólidos da construção civil que podem ser reciclados e/ou reaproveitados no município;
- Levantar os custos dos equipamentos necessários e as condições para implantação da central de reciclagem no município conforme legislações vigentes;
- Apresentar o projeto com as características necessárias analisando a sua viabilidade econômica.

3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento da sociedade e a migração da população para as zonas urbanas aumentou consideravelmente o número de pessoas morando nas cidades, por consequência, a quantidade de resíduos produzida também aumentou. No Brasil, a perda de materiais na forma de RSU aumentou 33% entre 2008 e 2017 (ABRELPE, 2009, 2019), enquanto a população aumentou 8% no mesmo período (IBGE, 2018). Os resíduos além de afetar o meio ambiente, causam impactos na sociedade e na economia. O descarte inadequado dos materiais, pelos habitantes ou pelos empreendimentos, pode gerar problemas de saúde na população, tornando esses locais propícios para proliferação de animais e contribuindo para a disseminação de doenças, com isso, o governo deve tomar medidas para a contenção desse problema.

A construção civil é responsável por grande parte da geração de resíduos das cidades, tanto no Brasil como no resto do mundo. Segundo dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (ABRECON, 2014), os resíduos da construção civil representavam um terço de todo o volume dos resíduos sólidos urbanos (RSU). De acordo com Brasileiro e Matos (2015), os resíduos da construção civil (RCC) podem ser reutilizados como matérias-primas na indústria construtiva, gerando economia de energia e colaborando com o meio-ambiente, reduzindo a extração de recursos não-renováveis, além de diminuir o volume de resíduos depositados em aterros.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo apresenta o panorama a respeito dos resíduos da construção civil no Brasil, abordando a legislação, classificação, transporte e destino dos mesmos.

4.1 Resíduos da Construção Civil

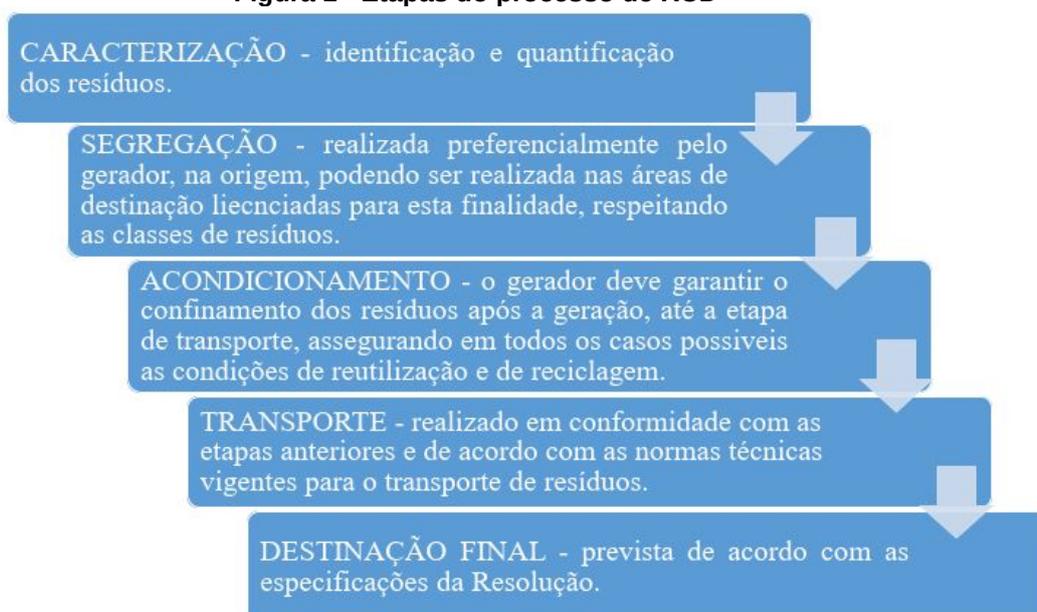
Segundo Soares, Mallman e Retzke (2017), a construção civil é um dos setores mais impactantes para o desenvolvimento e manutenção da economia do país, entretanto a atividade gera diversos danos ambientais, devido ao consumo de recursos naturais e a produção de resíduos sólidos, que são descartados de maneira indevida. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes do setor da construção civil. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019), o Brasil gera cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos por ano, crescimento de 19% em comparação ao ano de 2010.

Fonseca e Uchoa (2016), apontam que a construção civil procura métodos para conseguir reutilizar seus materiais, para isso se utiliza de alguns recursos, como o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

A Figura 1 mostra as etapas que as empresas devem seguir para cumprir o PGRCC.

Figura 1 - Etapas do processo de RCD



Fonte: CABRAL E MOREIRA (2013, p. 22)

De acordo com Mazur (2015), a caracterização tem por objetivo distinguir os materiais e verificar o volume e a composição de cada um, já a segregação é responsável por separar cada tipo de produto, deixando o local de trabalho mais limpo e organizado, em seguida o acondicionamento armazena os materiais em recipientes adequado, com o objetivo de facilitar o transporte e não causar deterioração dos resíduos, após isso, é feito o transporte até o local especializado, onde ocorrerá a reciclagem ou condicionamento do produto.

Para Gularte *et. al.* (2020), a implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD), seja ela pública ou privada, é fundamental para o manejo e gestão dos materiais, uma vez que possibilita aos responsáveis realizarem os procedimentos adequados, atendendo as normas ambientais e promovendo competitividade no mercado da construção civil.

4.2 Legislação

Para o controle dos resíduos gerados pela sociedade, os governos implementam normas e leis, nas esferas nacional, estadual e municipal, para classificar e regulamentar a destinação adequada para cada tipo de resíduos, proveniente das diversas atividades realizadas pelo ser humano. No Quadro 1 são apresentadas as Leis Federais, responsáveis por regulamentar a administração dos resíduos.

Quadro 1 - Dispositivos legais dos resíduos sólidos da construção civil na esfera Federal

Documento	Descrição
Lei Federal Nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências.
Lei Federal Nº 11.445/2007	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e outros procedimentos.
Resolução 307/2002 do CONAMA	Determina diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Lei Federal Nº 10.257/2001	Institui o Estatuto das Cidades e estabelece as diretrizes gerais da política urbana e outras providências.
Lei Federal Nº 9.605/1998	Fixa sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e estabelece outros procedimentos.
Lei Federal Nº 6.938/1981	Implementa a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins, meios de formulação e aplicação e dá outras providências.

Fonte: CAVALCANTE et al. (2013, p. 6)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece um conjunto de normas que coordenam os procedimentos utilizados para o controle dos resíduos na esfera nacional e são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Normas técnicas relacionadas aos resíduos da construção civil

Norma	Descrição
NBR 10.004	Resíduos Sólidos - Classificação
NBR 15.112	Estabelece diretrizes para projetos, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem dos resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
NBR 15.113	Determina diretrizes para projetos, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes.
NBR 15.114	Fixa diretrizes para projetos, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil.
NBR 15.115	Estabelece procedimentos para execução da camada de pavimentação a partir de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

NBR 15.116	Dispõe sobre os requisitos dos agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil para utilização em pavimentação e preparo de concretos sem função estrutural.
------------	---

Fonte: MARCELLO (2019, p. 33)

Já em âmbito estadual, as leis estabelecidas pelo Estado do São Paulo estão demonstradas no quadro 3.

Quadro 3 - Leis estaduais de São Paulo relacionadas aos resíduos sólidos

Documento	Descrição
Lei Nº 12.300/2006	Esta lei institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos.
Lei Nº 12.577/2009	Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas.
Decreto Nº8.468/1976	Regulamentação sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente

Fonte: Aatoria Própria (2023)

Na esfera municipal se destacam algumas legislações das capitais do Brasil, para a gestão de resíduos, como demonstradas no Quadro 4.

Quadro 4 - Normas técnicas relacionadas aos resíduos da construção civil nas capitais

Cidade	Legislação
Campo Grande	Lei Complementar Nº 92/2006 que dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de coletores do tipo caçamba, para acondicionamento de entulhos comercial, industrial e domiciliar e dá outras providências.
Cuiabá	Lei Nº 3241/1993 que trata da colocação de caixas coletoras de lixo, entulhos e resíduos de construções e outros procedimentos.
Curitiba	Lei Nº 11.682/2006 que estabelece normas do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e diretrizes para o destino deles.
Florianópolis	Lei Complementar Nº 305/2007 que fixa diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências.
Fortaleza	Decreto Nº 9.374/1994 que disciplina a coleta e a destinação dos resíduos sólidos gerados por obras de construção civil e determina outros procedimentos.

Natal	Decreto Municipal Nº 13.972 que determina a licença especial para o funcionamento dos locais de despejo de resíduos da construção civil.
Recife	Lei Nº 16.377/1998 que dispõe sobre o transporte e disposição de resíduos da construção civil e outros resíduos não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências.
São Paulo	Lei Nº 14.803/2008 que disciplina o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e resíduos volumosos e seus componentes, o Programa Municipal de Gerenciamento e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil conforme previstos na Resolução CONAMA Nº 307/2002, e a ação dos geradores e transportadores destes resíduos no âmbito do Sistema de Limpeza Urbana da cidade de São Paulo.

Fonte: CAVALCANTE et al. (2013, p. 8)

4.2.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), foi implementada no Brasil a partir da Lei nº 12.305/2010 e define a logística reversa em seu artigo 3º como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010).

A partir da aprovação da lei, os resíduos inorgânicos só poderão ser depositados em aterros sanitários ou industriais caso não haja mais nenhuma forma de serem reciclados ou reaproveitados, já os resíduos orgânicos deverão passar pelo processo de compostagem. O setor da construção civil tem a obrigação de proporcionar um destino ambientalmente adequado aos RCD, não podendo descartá-los em aterros comuns.

A lei também determina a responsabilidade compartilhada entre o município, empresas, comércio e consumidor a respeito do gerenciamento e descarte correto dos resíduos sólidos. Os municípios têm a responsabilidade de implementar e administrar um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, coordenando o sistema de coleta e limpeza urbana, já a responsabilidade da separação e destinação dos rejeitos é do gerador desses detritos (PASCHOALIN FILHO et al. 2015).

Ainda no seu artigo 3º a lei federal define resíduos sólidos como sendo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010)

O descarte desses resíduos não define esses materiais como sendo sem funcionalidade ou que não tenham mais valor comercial, pois ainda pode existir a possibilidade de ser reutilizado por outras indústrias, em sua forma original ou após passar por algum processo de transformação. Já os rejeitos são os materiais que o tratamento ou recuperação não são de possível realização ou os processos não são viáveis economicamente.

4.2.2 NBR 10.004

A Norma Brasileira (NBR) número 10.004 de 2004, da ABNT, classifica os resíduos em três categorias, de acordo com a sua capacidade de afetar o meio ambiente:

- Classe I: são os resíduos perigosos, que apresentam riscos à natureza e ao homem, apresentando uma ou mais das seguintes características: corrosividade, toxicidade, reatividade e inflamabilidade. São exemplos desses materiais: tintas, material hospitalar, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias.
- Classe II A: são os resíduos não inertes, que podem apresentar características biodegradáveis, combustibilidade e solubilidade em água, porém não possuem tendência a sofrerem reações químicas, não apresentando risco ao meio ambiente ou a população. São exemplos desses materiais: sucata, resto de alimentos e esterco.
- Classe II B: são os resíduos não perigosos e não inertes, que não sofrem alterações químicas, físicas ou biológicas, não se decompondo ao longo do tempo. Esses resíduos passam por um teste em que entram em contato com a água para verificar se não são solúveis ou alteram as características, como: potabilidade, turbidez, cor e até mesmo o sabor. São exemplos desses materiais: tijolos, rochas, alguns plásticos e vidro.

Há ainda mais dois tipos de classificação de resíduos, uma em relação à sua origem e a outra em relação ao seu grau de biodegradabilidade, como demonstrado nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 - Os resíduos sólidos quanto sua origem

Origem	Características
Urbana	Domiciliar, comercial, portos, aeroportos, terminais rodoviários e terminais rodoferroviários. Limpeza urbana: varrição de logradouros, praias, feiras, eventos, capinação, poda, etc.
Industrial	Lodo produzido no tratamento de efluentes líquidos industriais, bem como resíduos resultantes dos processos de transformação.
Serviço de Saúde	Resíduos gerados em hospitais, clínicas médicas, odontológicas e veterinárias, postos de saúde e farmácias.
Radioativa	Resíduos de origem atômica. Esse tipo tem legislação própria e é controlado pelo Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN).
Agrícola	Resíduos da fabricação de defensivos agrícolas e suas embalagens.
Construção Civil	Resíduos da Construção Civil, tais como: vidros, tijolos, pedras, tintas, solventes e outros.

Fonte: MAZUR (2015, p. 15)

Quadro 6 - Os resíduos sólidos conforme sua constituição

Substância	Características
Facilmente degradáveis	Restos de comidas, sobras de cozinha, folhas, capim, cascas de frutas, animais mortos e excrementos.
Moderadamente degradáveis	Papel, papelão e outros produtos celulósicos.
Difícilmente degradáveis	Trapo, couro, pano, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico.
Não degradáveis	Metal não ferroso, vidro, pedras, cinzas, terras, areia, cerâmica.

Fonte: MAZUR (2015, p. 16)

4.2.3 Resolução CONAMA 307

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 de 2002 define que serão considerados como Resíduos da Construção Civil os materiais provenientes das atividades de construção, demolição, reforma, reparo, escavação de

terreno e remoção da vegetação. Além disso, estabelece quais devem ser os critérios e procedimentos utilizados para a gestão dos RCD, o artigo 4º obriga os geradores a fazerem a reciclagem, reutilização, redução e proporcionarem um destino adequado aos resíduos.

Os resíduos são classificados em quatro classes, de acordo com a destinação adequada de cada um e com o tipo de processo necessário para que possa ser reutilizado como matéria-prima ou readequado à linha de produção:

Classe A: são os resíduos que podem ser reciclados ou reutilizados como agregados: de construção, demolição, reparos de pavimentação e de obra de infraestrutura, reforma, solos oriundos de terraplanagem, componentes cerâmicos, argamassa e concreto. São exemplos desse tipo de materiais: telhas, blocos, tijolos, placas de revestimento cerâmico, argamassa e concreto;

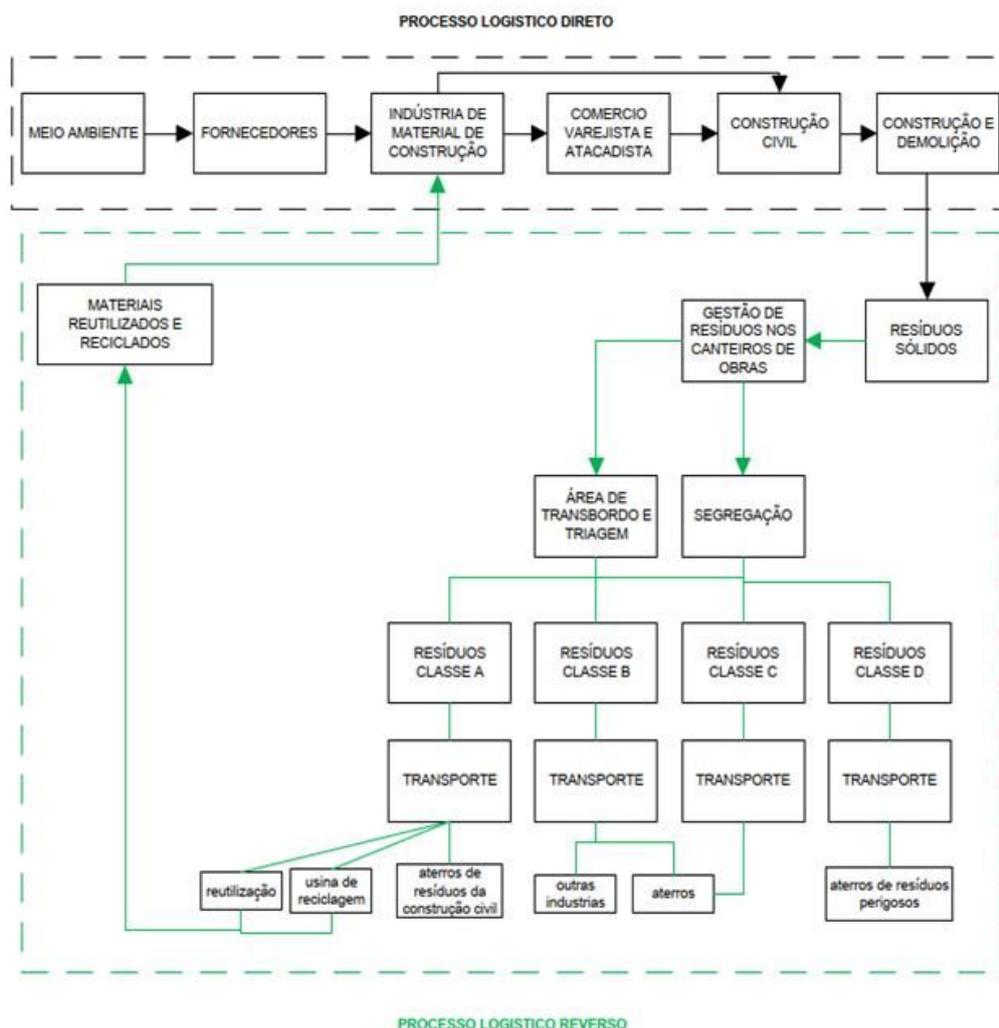
Classe B: são os resíduos que serão reciclados para serem utilizados com outras finalidades, como: papéis, plástico, vidro, metais, gesso e papelão;

Classe C: são os resíduos para qual ainda não foram desenvolvidas tecnologias capazes de proporcionar a reutilização e recuperação ou que a aplicação das técnicas não é economicamente viável;

Classe D: são os resíduos considerados perigosos, como: tintas, solventes, óleos, resíduos oriundos de instalações industriais ou hospitalares, telhas ou outros materiais que contenham amianto ou contaminados com algum tipo de material que seja nocivo à saúde.

A Figura 2 apresenta os processos logísticos diretos e indiretos pelos quais os resíduos devem passar para uma gestão ambientalmente correta.

Figura 2 - Fluxo direto e reverso da cadeia logística da construção civil



Fonte – CAVALCANTE et al. (2013, p. 12)

Para a reintegração desses materiais às linhas produtivas, Baptista e Romanel (2013), defendem a substituição dos processos lineares de consumo pelos processos circulares, fazendo a separação correta dos materiais e em seguida a preparação para o reuso, reciclagem ou descarte de acordo com a classificação da resolução.

Os processos que os materiais utilizados na construção civil passarão após a aplicação da logística reversa foram definidos por Hammes, Souza e Rodriguez (2021) como sendo divididos em três categorias:

- a) Reuso: utiliza o material de pós-consumo na mesma cadeia produtiva, agregando valor de reutilização;
- b) Remanufatura: o material passa por processos de desmontagem e limpeza de peças, para ser revendido para outros mercados;

c) Reciclagem: o material chega ao fim de sua vida útil e passa por processos industriais para a sua transformação em um novo produto.

Caso os resíduos não se enquadrem em nenhuma dessas categorias para seu reaproveitamento, o destino final deve ser o depósito do material em um local adequado que evite possíveis danos ambientais.

O Quadro 7 demonstra algumas definições apresentadas pela resolução.

Quadro 7 - Definições conforme a Resolução 307/2002

Tipo de RCC	Definição
Resíduos da construção civil	São os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: 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 etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.
Geradores	Pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos da construção civil.
Transportadores	Pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação.
Agregado Reciclado	Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.
Gerenciamento de resíduos	Sistema de gestão 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.
Reutilização	Processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.
Reciclagem	Processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.
Beneficiamento	Ato de submeter um resíduo às operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.
Aterro de resíduos da construção civil	Área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando à preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
Áreas de destinação de resíduos	Áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Fonte: LIMA e LIMA (2016, p. 12)

4.3 Destinação dos Materiais

A reutilização de materiais é importante para o meio ambiente e para a economia, pois as empresas podem lucrar com a venda do material reciclado para outros empreendimentos e a substituição de novos materiais por produtos reciclados resulta em uma menor necessidade de extração de matéria-prima. De acordo com o Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (IBDS), aproximadamente 90% de todos os RCD podem ser reciclados, entretanto segundo os dados da ABRECON, no ano de 2021, apenas 16% de todos os resíduos das construções foram reciclados.

Segundo Lima e Lima (2016), o ideal para a aplicação da reciclagem e reutilização dos RCC seria a prática constante e incorporação dos processos no dia a dia das construtoras, tanto na parte de planejamento quanto na execução das obras. Contudo essa prática é vista como um trabalho extra ou até mesmo um obstáculo que atrapalha o andamento dos serviços.

As dificuldades da implantação da logística reversa vão além do desejo das construtoras em realizar os seus processos, as diferentes esferas da cadeia de produção também apresentam desafios, como mostrado no Quadro 8.

Quadro 8 - Aspectos sociais dos desafios para a implantação de sistemas de logística reversa no Brasil

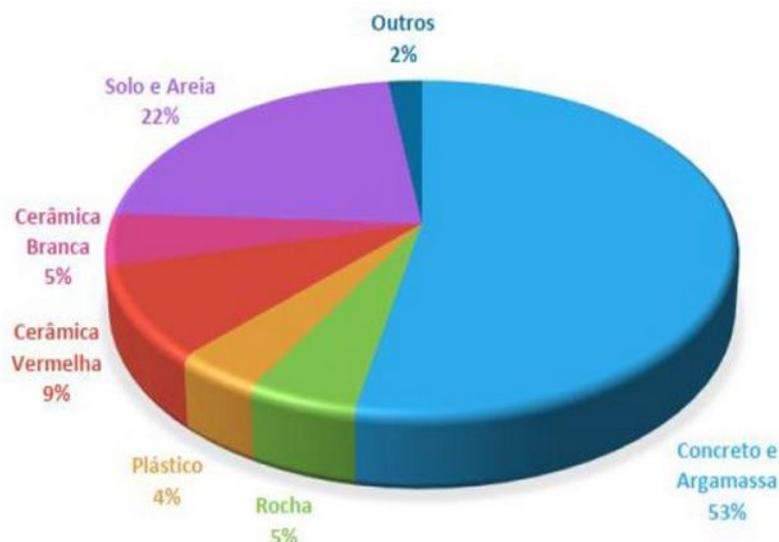
Categorias	Desafios
Mão de obra	Capacitar a mão de obra na área de gestão e operação do Sistema de Logística Reversa (SLR). Capacitar as organizações de catadores com vistas à sua estruturação para os SLR
Participação da população	Criar um amplo programa de educação ambiental e de sensibilização da população.
Canais de comunicação	Orientar a mudança de cultura no consumidor, do comerciante e de suas equipes quanto ao manuseio e à segregação adequada e posterior devolução dos resíduos. Promover ações de divulgação e conscientização

Fonte: COUTO e LANGE (2017, p. 895)

Outro desafio apresentado é a grande diversidade de resíduos gerados durante as diferentes etapas da obra. De acordo com Fernandes (2018), os resíduos originados pelas construções e demolições, são compostos por diferentes tipos de materiais, como: argamassa, blocos, tijolos, telhas, papel, plástico, isolantes, material betuminoso, madeira, metais, concreto, gesso e solos.

A Figura 3 apresenta a porcentagem média de cada tipo de resíduo, gerado pela construção civil no Brasil.

Figura 3 - Composição quantitativa dos RCD no Brasil



Fonte: Fernandes (2018, p. 5)

Segundo Schamne e Nagalli (2016), a grande quantidade de argamassa e concreto gerada pela construção está diretamente ligada ao método construtivo adotado no Brasil, que utiliza estruturas de concreto e revestimento assentados em argamassa de cimento. Em outros países, que utilizam métodos construtivos diferentes, como nos Estados Unidos e na Europa, a porcentagem de cada tipo de resíduos gerados é diferente, diminuindo a proporção do concreto e argamassa e aumentando o percentual de aço, madeira e gesso.

4.3.1 Classe A

Segundo Luchezzi (2014), são classificados como de classe A os resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados para serem utilizados como agregados, eles são formados por produtos cerâmicos ou produtos à base de cimento Portland. Tanto o concreto quanto a argamassa precisam estar livres de impurezas, para serem reutilizados na preparação de argamassas e concretos não estruturais, já os produtos cerâmicos podem ser reutilizados como base e sub-base para a pavimentação, preenchimento de valas ou em drenos. Outro material que se classifica como resíduo de classe A são os solos resultantes dos processos de terraplanagem, que podem ser reutilizados para a realização deste mesmo serviço em outras obras.

De acordo com Baptista e Romanel (2013), os principais produtos derivados da reciclagem do concreto são o pó de concreto, as britas de 1 a 4, pedrisco e bica corrida (um conjunto de pedra britada com pedrisco e pó-de-pedra, que não possui uma graduação definida), esses materiais podem ser utilizados em camadas de drenagem, passeios ou em serviços de terraplanagem. Batista e Romanel (2013), apontam que mesmo que esses materiais não sejam utilizados para construção de elementos estruturais, é fundamental que seja realizado um ensaio para a caracterização dos agregados, para que não prejudiquem seu desempenho.

Os diferentes agregados reciclados possuem características próprias, por isso a ABRECON classifica esses agregados de acordo com a suas dimensões e seus usos recomendados, como mostrado no Quadro 9.

Quadro 9 - Classificação dos agregados reciclados de acordo com a granulometria

Imagem	Produto	Características	Uso Recomendado
	Areia Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
	Pedrisco Reciclado	Material com dimensão máxima característica inferior a 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilha de esgoto, entre outros.
	Brita Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem.
	Bica Corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente)	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterro e acerto topográfico de terrenos.

	<p>Rachão</p>	<p>Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.</p>	<p>Obras de pavimentação, drenagem e terraplanagem.</p>
---	----------------------	--	---

Fonte: Adaptado de MARCELLO (2019)

Os resíduos de classe A podem ser divididos em duas categorias, de acordo com a sua cor, sendo cinza os materiais cimentícios e vermelho os materiais cerâmicos, essa divisão é apenas baseada na tendência de aplicação e não tem caráter tecnológico. Os agregados cinzas são geralmente utilizados em bases de pavimentação, blocos e calçamentos à base de cimento, enquanto os vermelhos somente para base de pavimentação (Ângulo *et. al.*, 2010).

4.3.2 Classe B

A Resolução nº 307/2002 do CONAMA classifica como sendo resíduos da classe B, os materiais que passam por um processo de reciclagem e são utilizados em obras ou para outras funções que não seja na área da construção civil. São exemplos desses materiais: metais, polímeros, papéis, papelão, vidro e madeira. Após a atualização com a Resolução nº 410/2011 o gesso passou a ser considerado também como resíduo da classe B.

4.3.2.1 Metais

Segundo Luchezzi (2014), a construção civil possui uma grande diversidade de metais e ligas utilizados em suas obras, alguns exemplos dos materiais mais utilizados são: alumínio, cobre, ferro, estanho, bronze, chumbo, latão, aço inoxidável, aço carbono e aço cromo níquel. Esses materiais são utilizados para diversas funções diferentes como: eletrodutos, barras de aço, pregos, brocas, tubos, soldas, chapas, perfis metálicos ou acessórios em cozinhas e banheiro. É necessário fazer a separação de cada tipo de elemento para facilitar o transporte e reutilização, outro cuidado a ser tomado é com o armazenamento, para que não ocorra oxidação das peças. Os pregos podem ser desentortados para serem reutilizados, os fios e cabos elétricos são usados para emendas e ligações, os demais materiais podem voltar para os fornecedores onde serão transformados em novos produtos.

De acordo com o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA, 2015), a construção civil foi responsável por consumir 37% de todo o aço produzido no Brasil, sendo o setor que mais utiliza os produtos siderúrgicos no país, o aço retirado das construções e demolições é totalmente reciclável. Para isso, o aço é reenviado para as siderúrgicas e colocado novamente nos fornos, passando pelo processo de fusão, após ser fundido o material pode ser reutilizado sem perder a sua qualidade.

4.3.2.2 Polímeros

Segundo Marcello (2019), os principais polímeros que podem ser reutilizados em obras são: o policloreto de vinila (PVC), o tereftalato de etileno (PET), o poliestireno expandido (EPS).

Em 2018, Batista et. al. realizaram um estudo sobre a utilização do PVC como agregado miúdo, com o intuito de diminuir a quantidade de areia utilizada na produção de concreto. Os corpos de prova que continham PVC apresentaram desempenho inferior em relação aos que continham somente areia, entretanto os autores afirmam que é possível realizar essa substituição para a preparação de elementos não estruturais.

Segundo o estudo realizado por Moura e Venquiaruto (2017), o concreto feito utilizando o PET como agregado miúdo teve um desempenho melhor do que o material feito com areia, apresentando resistência à tração e compressão axial superior. A resistência à compressão axial, após 14 dias, das amostras com 20% de PET reciclado é menor do que o do concreto feito apenas usando areia como agregado miúdo, porém após 28 dias a resistência se torna superior.

De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2019), 80% de todo o EPS reciclado é utilizado pela indústria da construção civil, em telhas termoacústicas, lajotas, rodapés decks de piscina, podendo ser misturado em concreto e argamassa.

4.3.2.3 Papeis e Papelão

Scheleider (2015), afirma que os resíduos de papel e papelão nas obras são provenientes das embalagens utilizadas para o armazenamento de outros produtos, como: sacos de cimento e argamassa, caixas de pregos, conexões hidráulicas, equipamentos elétricos, porcelanato, entre outros. Os elementos não contaminados

podem ser reutilizados para as mesmas funções, se ainda estiverem em bom estado ou podem ser encaminhados às indústrias de reciclagem de celulose.

De acordo com Marcello (2019), os sacos de cimento e argamassa contaminados não são reutilizados pela indústria de papel devido ao elevado volume de água necessário para a sua descontaminação, o que também não beneficia o meio ambiente.

4.3.2.4 Vidros

Mazur (2015), afirma que os resíduos de vidro da construção e demolição podem ser reciclados e utilizados para a produção de novos vidros ou para a fabricação de telhas de fibra de vidro. De acordo com Chaparro et. al. (2021), a produção de vidros reciclados gera uma economia de 70% em relação a produção de novos vidros, além de reduzir o impacto ambiental causado pela extração da areia.

Fernandes (2019), realizou um estudo para a utilização de vidros reciclados para a produção de concreto leve, obtendo valores positivos quanto a resistência à compressão e ação da temperatura. Porém, de acordo com Batista, Alcantara e Castro (2022), é necessário realizar análises estatísticas e diversos ensaios experimentais para avaliar a viabilidade do uso do vidro como agregado para a produção de concreto e argamassa.

4.3.2.5 Madeira

De acordo com Vieira et. al (2019), a reciclagem da madeira utilizada na construção civil é dificultada devido a parte do material estar acompanhada de outros elementos, como: concreto, argamassa, desmoldante e alguns metais, como pregos e parafusos.

Mello e Vieira (2015) afirmam que mesmo sendo um material orgânico, a madeira é totalmente reciclável, sendo utilizada na fabricação de diversos produtos, com diferentes formas e resistências, após ser triturados, os resíduos podem servir para produzir tapumes, caixas de madeira, fabricação de papel, combustível para a queima ou ainda como biomassa para a produção de energia. Kreutz (2019) aponta que as placas de fibra de média densidade (MDF) não podem ser incineradas, pois liberam elementos tóxicos.

4.3.2.6 Gesso

Quando aprovada, a Resolução Nº 307/2002 do CONAMA, classificava o gesso como material classe C, entretanto com o desenvolvimento de tecnologia e realização de alguns estudos, os resíduos desses materiais passaram a ser considerados como pertencentes a classe B (Marcello, 2019). De acordo com Scheleider (2015), 75% de todo o volume de gesso gerado pelo setor da construção provém de reformas e alterações em projetos, embora os resíduos possam ser triturados, o material não pode ser encaixado na classificação A, porque a sua utilização como agregado é inviável, já que o gesso possui características expansivas, o que geraria fissuras nas argamassas e concretos.

O SINDUSCON-SP (2015), afirma que a utilização de gesso como revestimento, reduz grande parte do volume de resíduos cerâmicos e cimentícios, porém aumenta significativamente o seu próprio volume, o que pode não ser interessante, já que o gesso ainda não possui tantas alternativas consolidadas no mercado. O gesso não pode ser armazenado em aterros sanitários comuns, pois ao entrar em contato com materiais orgânicos, o material pode causar danos ambientais, devido à geração de gás sulfúrico. Nos Estados Unidos e na União Europeia o gesso é armazenado em apenas locais com superfícies impermeabilizadas e sem resíduos orgânicos.

A Associação Brasileira do Gesso (ABRAGESSO, 2014) alega que o gesso pode ter três destinos para a sua reutilização: a produção de novos gessos, indústria do cimento e aplicação agrícola. O gesso já utilizado pode retornar a sua própria cadeia produtiva, entretanto só se torna interessante para as empresas caso o local especializado em reincorporar o material seja próximo de onde ele será utilizado.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015) o gesso é utilizado na agricultura como fertilizante ou para corrigir e condicionar o solo, substituindo o calcário, apresentando um desempenho melhor, pois por se tratar de um produto mais solúvel, atinge camadas inferiores do solo. O gesso ainda serve para reduzir a acidez do solo e facilitar o enraizamento das plantas, já que reduz o teor de alumínio do solo.

4.3.3 Classe C e D

Os materiais da classe C são aqueles para qual ainda não foram desenvolvidas tecnologias para reinserir os seus resíduos novamente as linhas de

produção ou que a sua aplicação não é viável para as empresas, devido ao alto custo para a sua adequação, espera-se que com o desenvolvimento da tecnologia, alguns materiais inclusos nessa categoria passem a ser classificados como de classe A ou B, assim como aconteceu com o gesso, alguns exemplos dos materiais, utilizados pela construção civil, pertencentes a classe C são: massa corrida, massa de vidro e lixas (MARCELLO, 2019).

De acordo com Cavalcante *et. al.* (2013), são classificados com resíduos da classe D, os materiais que podem afetar a saúde dos seres humanos, tornando a sua reciclagem e reutilização impraticável, o destino dessas substâncias depende das legislações e das normas técnicas de cada produto. São exemplos desses resíduos: graxas, solventes, vernizes, tintas, óleos, impermeabilizantes, embalagens contaminadas, materiais contendo amianto e resto de demolições e reformas de indústrias químicas e clínicas radiológicas.

4.4 Centrais de Reciclagem de RCC

Segundo o Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (2020), os materiais de classe A podem ser reciclados em unidades de tratamento chamadas de usinas de beneficiamento de RCC, que trituram esses resíduos para serem usados como agregados reciclados. O plano ainda afirma que houve um aumento no número de usinas de reciclagem no estado, passando de 24 no ano de 2013 para 74 em 2018.

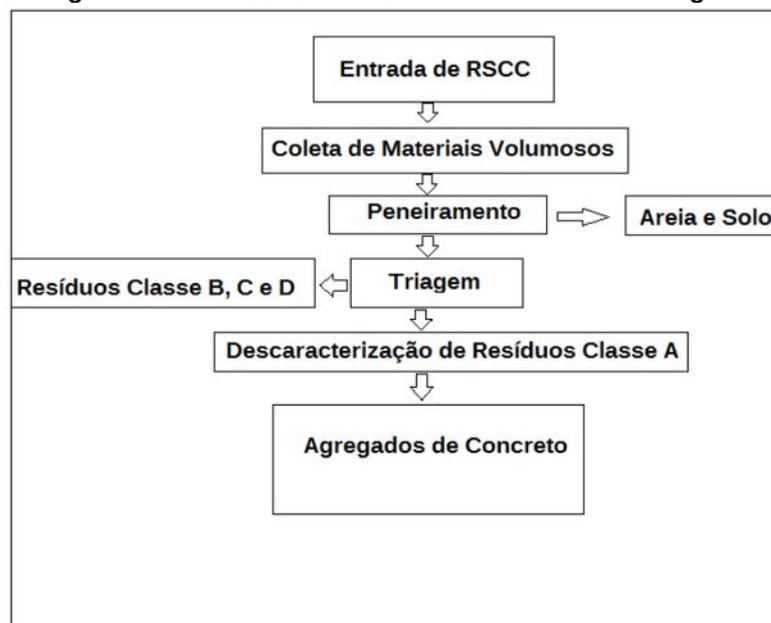
De acordo com Macari (2019), as centrais de reciclagem dos RCD são utilizadas para a reintegração dos detritos de classe A, por esse motivo é necessário que haja a segregação dos objetos pertencentes às outras classes, já que esses passarão por processos diferentes para sua reintegração ou serão depositados em locais adequados. A reciclagem de resíduos da classe A gera economia aos municípios, já que essa prática diminui os custos da aquisição de agregados utilizados nas obras, além de promover a geração de emprego, pois é necessário utilizar mão de obra para a separação e triagem dos materiais (MARTINS, 2015).

Pinto (1999), propõe que os centros de reciclagem devem possuir um fluxo bem definido de materiais, primeiramente os RCC devem passar por uma área de recebimento, seguindo para um local onde ocorra a separação dos resíduos de classe A dos demais, em seguida é feita a trituração e peneiramento dos agregados provenientes do concreto, argamassa e britas, para então serem utilizados de acordo

com a sua granulometria ou encaminhados para algum processo de beneficiamento, dando origem a novos produtos.

A Figura 4 demonstra os processos a que os resíduos são submetidos ao chegarem nas centrais de reciclagem.

Figura 4 - Processos dentro das centrais de reciclagem



Fonte: CARLESSO (2015, p. 30)

De acordo com Nagalli (2014), as centrais de reciclagem devem seguir um padrão em suas instalações, a área deve ser cercada, possuindo uma construção para ser usada como administração, como uma passagem grande possibilite a circulação e manobra de caminhões, pontos de despejo dos materiais das caçambas, um conjunto de equipamentos de peneiramento e britagem, áreas para depósito dos agregados reciclados com granulometria e composições diferentes e áreas cobertas para armazenamento de outras classes de resíduos.

A Figura 5 apresenta a separação dos agregados triturados em uma central de reciclagem de acordo com sua granulometria.

Figura 5 - Separação de agregados reciclados



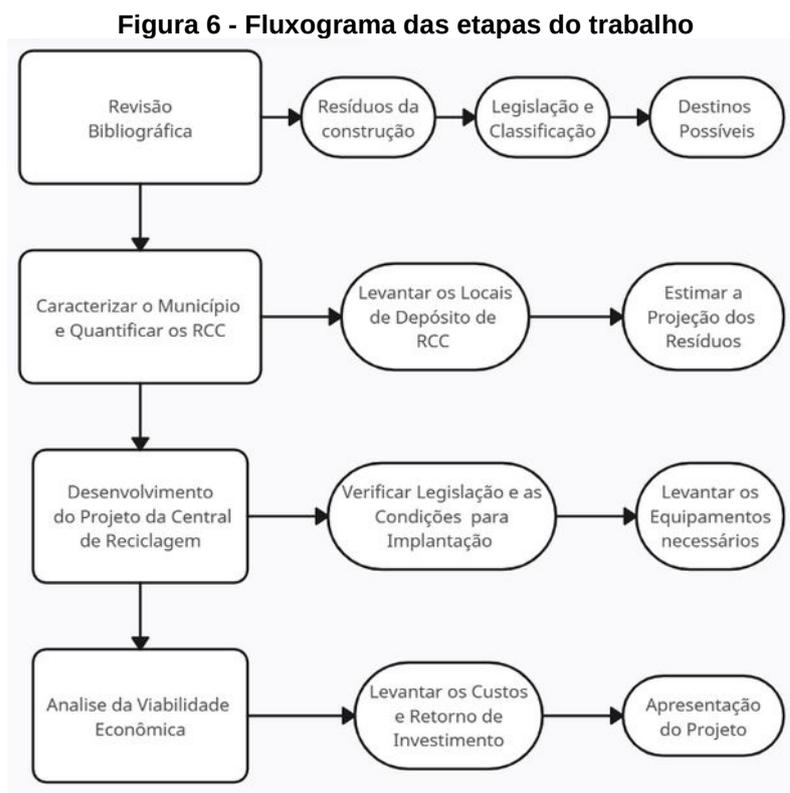
Fonte: KUHN et. al. (2017, p. 483)

Para que as centrais de reciclagem sejam instaladas e operem de forma segura a ABNT criou diversas normas com diretrizes para a construção e funcionamentos desses locais e para o devido uso dos agregados reciclados:

- **NBR 15.112:2004** - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- **NBR 15.113:2004** - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- **NBR 15.114:2004** - Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- **NBR 15.115:2004** - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos
- **NBR 15.116:2004** - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse tópico serão apresentados os métodos para obtenção dos dados necessários para o desenvolvimento do projeto da central de reciclagem. A Figura 6 mostra o fluxograma com o roteiro dos procedimentos adotados para a realização do trabalho.



Fonte: Autoria Própria (2023)

As etapas foram estabelecidas de maneira a atender os objetivos específicos e geral do trabalho, primeiramente caracterizando os resíduos e suas utilizações, em seguida analisando o que ocorre na cidade de Guararapes, após isso, o projeto foi desenvolvido, de acordo com as normas estabelecidas e, por fim, calculados os custos e o retorno financeiro esperado.

5.1 Revisão Bibliográfica

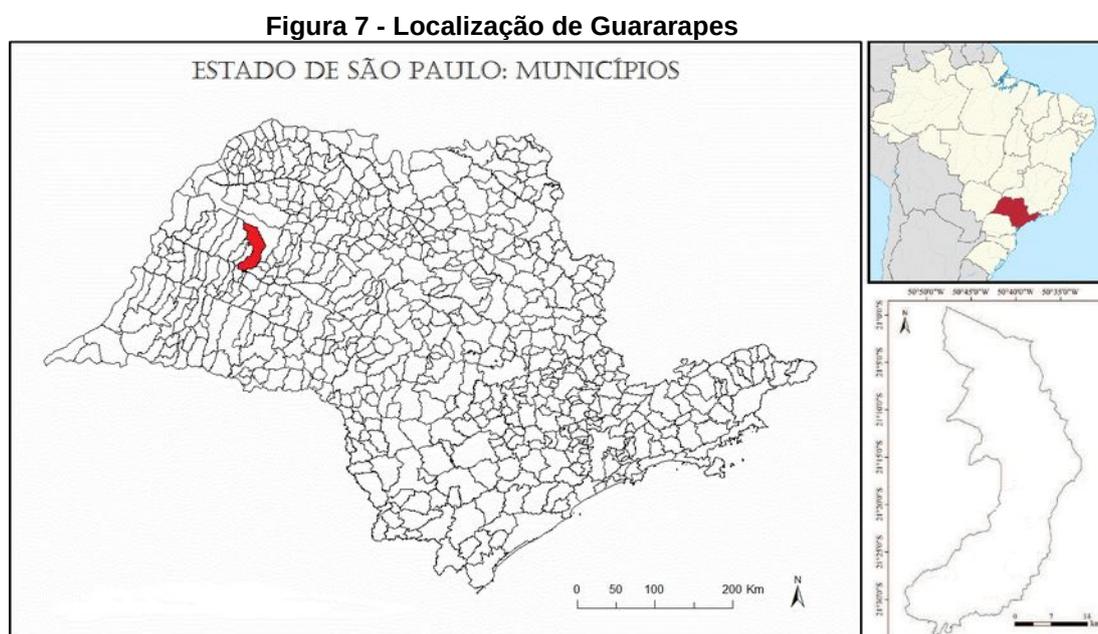
A primeira etapa do trabalho foi a pesquisa bibliográfica em dissertações, livros, artigos e normas a respeito dos resíduos da construção civil, proporcionando uma fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente buscou-se caracterizar os resíduos sólidos e quais desses são gerados pelas obras e demolições, em seguida quais são as leis e normas responsáveis por regulamentar o

destino adequado dessas matérias, bem como sua classificação, separação, tratamentos necessários e possíveis formas de reuso.

5.2 Município e Seus Resíduos

A segunda parte do trabalho consiste no levantamento a respeito dos dados do município e dos RCC gerados, por meio da consulta de documentos públicos, como o Plano Regional de Resíduos Sólidos, Plano de Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos e Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, bem como visita aos locais onde os materiais são depositados e avaliação do cumprimento das normas relacionadas ao funcionamento dessas áreas.

O município de Guararapes se localiza na região noroeste do estado de São Paulo, e conta com uma área total de 95.910 hectares, sendo 89.480 hectares de área rural e 6.220 hectares de área urbana. A cidade possuía uma densidade demográfica, relação entre população residente e sua área total, em 2010, de 31,99 hab./Km², com uma projeção de populacional em 2021, de 33,257 hab./Km². (Plano Regional de Resíduos Sólidos, 2022). A Figura 7 apresenta a localização do município.



Fonte: Adaptado de IBGE e Andrade *et. al.* (2023)

No Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de 2020 foram calculadas a projeção populacional e a estimativa dos RSU em kg/(hab.dia) do município até o ano de 2040, como mostrado nos Quadros 10 e 11.

Quadro 10 - Projeção Populacional de Guararapes

Ano	Projeção Populacional
2020	33100,00
2021	33361,30
2022	33624,65
2023	33890,09
2024	34157,62
2025	34427,27
2026	34699,04
2027	34972,96
2028	35249,04
2029	35527,30
2030	35807,76
2031	36090,43
2032	36375,33
2033	36662,49
2034	36951,90
2035	37243,61
2036	37537,61
2037	37833,94
2038	38132,61
2039	38433,63
2040	38737,03

Fonte: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2020, p. 107)

O município apresenta uma tendência de crescimento populacional, podendo chegar a uma população de 38 mil habitantes no ano de 2040.

Quadro 11 - Estimativa de RSU de Guararapes

Ano	RSU kg/(hab.dia)
2020	0,75
2021	0,755920596
2022	0,761887929
2023	0,767902369
2024	0,773964288
2025	0,780074061
2026	0,786232065
2027	0,792438681
2028	0,798694293
2029	0,804999287

2030	0,811354054
2031	0,817758987
2032	0,82421448
2033	0,830720934
2034	0,837278751
2035	0,843888336
2036	0,850550098
2037	0,857264449
2038	0,864031804
2039	0,870852581
2040	0,877727202

Fonte: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2020, p. 109)

Os resíduos da construção civil gerados no município são depositados em áreas de transbordo denominadas ECOPONTOS, utilizadas tanto pelas empresas da cidade quanto pela população local, para armazenamento desses materiais. Quando esses locais se tornam saturados, a prefeitura realiza o transporte para uma área localizada próxima ao aterro sanitário municipal, ressaltando que o material não é disposto no aterro de RSU, conforme a Resolução 307/2004 do CONAMA.

De acordo com a NBR 15.112/2004, uma Área de Transbordo e Triagem (ATT) de resíduos da construção civil deve seguir as seguintes premissas:

- a) Isolamento: a ATT deve possuir um portão e cercamento no perímetro da área de operação, construídos de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas e animais; anteparo para proteção quanto aos aspectos relativos à vizinhança, ventos dominantes e estética, como, por exemplo, cerca viva arbustiva ou arbórea no perímetro da instalação.
- b) Identificação: deve ter, na entrada, identificação visível quanto às atividades desenvolvidas e quanto à aprovação do empreendimento.
- c) Equipamentos de segurança: deve dispor de equipamentos de proteção individual, de proteção contra descargas atmosféricas e de combate a incêndio. O local da ATT deve possuir iluminação e energia, de modo a permitir ações de emergência.
- d) Sistemas de proteção ambiental: sistema de controle de poeira, ativo tanto nas descargas como no manejo e nas zonas de acumulação de resíduos; dispositivos de contenção de ruído em veículos e equipamentos; sistema de drenagem superficial com dispositivos para evitar o carreamento de

materiais; e revestimento primário do piso das áreas de acesso, operação e estocagem, executado e mantido de maneira a permitir a utilização sob quaisquer condições climáticas.

O município possui três ecopontos, sendo eles: Ecoponto São Judas, localizado entre as ruas João Batista Peres Marques, Benjamin Constant e Alameda Itororó, com uma área de 2.500 m²; Ecoponto Francisco Antonioli, localizado entre as ruas Gordiano Pessoa e Ângelo Grotto, medindo 6.950 m² e Ecoponto Vila Medeiros, localizado na esquina da Rua João Rodrigues Nascimento e Rua Cícero Silva, com área de 6.400 m².

Entretanto nenhum desses locais possui uma balança para a pesagem dos materiais depositados, impossibilitando o cálculo da quantidade de resíduos gerados atualmente no município. Segundo a ABRELPE (2021) a estimativa de RCC na Região Sudeste é de 0,748 kg/hab.dia, considerando a população de Guararapes como de aproximadamente 32 mil habitantes, e considerando um mês com 30 dias, tem-se que a geração média de resíduos da construção no município é de 718,08 ton/mês.

O município possui um triturador de RCC, adquirido conforme as metas do Plano de Gerenciamento de Resíduos do Município (2012-2014), localizado na área próxima ao galpão de coleta seletiva, possui licenciamento, porém o equipamento foi danificado e não está operando. Por conta disso, a prefeitura utiliza um triturador móvel em consórcio com outras cidades da região.

5.3 Desenvolvimento do Projeto da Central de Reciclagem

A terceira fase do trabalho foi o desenvolvimento do projeto da central de reciclagem de resíduos, de acordo com as exigências da norma da ABNT NBR 15114 de 2014 e as condições necessárias para o funcionamento dos equipamentos, principalmente do triturador móvel, modelo CMR100900, de acordo com a ficha técnica do veículo.

A norma em questão dispõe a respeito dos requisitos mínimos exigidos para projeto, implantação e operação das áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A. Para o desenvolvimento da planta, teve-se como foco, as condições de implantação e projeto da norma, sendo elas:

- a) Localização: a central deve ser construída em um local onde o impacto ambiental seja minimizado, a aceitação pela população seja maximizada e

esteja de acordo com a legislação ambiental e legislação a respeito do uso do solo. Devem ser observados aspectos relacionados a hidrologia, vegetação e as vias de acesso.

- b) Isolamento e sinalização: a área deve possuir isolamento adequado; cercamento no perímetro, impedindo o acesso de pessoas estranhas e animais; um portão para controle de acesso ao local; sinalização nas entradas e cercas, e anteparo para proteção quanto aos aspectos relativos à vizinhança, ventos dominantes e estética, como, por exemplo, cerca viva arbustiva ou arbórea no perímetro da instalação.
- c) Iluminação e energia: o local deve dispor de iluminação e energia que permitam uma ação de emergência a qualquer tempo.
- d) Proteção das águas superficiais: o empreendimento deve respeitar as faixas de proteção dos corpos d'água superficiais, previstas na legislação pertinente.
- e) Preparo da área de operação: a superfície do local deve ser regularizada, deve ser determinado um local para o armazenamento temporário de resíduos não recicláveis na instalação e a cobertura da área de armazenamento de resíduos classe D.
- f) Projeto: o projeto deve conter, em escala adequada; indicação das dimensões gerais com localização e identificação de: confrontantes, dispositivos de drenagem superficial, acessos, edificações, local de recebimento e triagem; local de armazenamento temporário de resíduos não recicláveis; locais de processamento de resíduos e seus equipamentos e local de armazenamento de produtos gerados.

O desenvolvimento do projeto também deve considerar as exigências da ficha técnica do equipamento móvel de reciclagem, modelo CMR100900, que apresenta a composição, necessidade energética e dimensões do conjunto:

- a) Composição do conjunto: alimentador vibratório modelo 27070; britador de impacto BI10090; transportador de correia modelo TCC; transportador de correia modelo TCL; separador magnético modelo AS15/30; sistema anti-pó modelo APM5; sistema hidráulico modelo HD06; carreta rodoviária modelo CR02S; grupo gerador modelo WEG; central elétrica de comando de motores modelo CCM100 e central elétrica de operação CEO100.

- b) Necessidade energética do conjunto: demanda instalada do conjunto: 135,5 cv, tensão de operação 380Vca/220Vca – 60 Hz e tensão de comando: 24 Vcc.
- c) Dimensões do conjunto: em viagem: 11.800 mm x 4.400 mm, em operação: 13.500 mm x 5.500 mm; área total mínima necessária para operação da usina: 300m²; composição mínima do terreno: pode operar em solo de terra plano.

A Figura 8 apresenta o equipamento móvel de reciclagem.

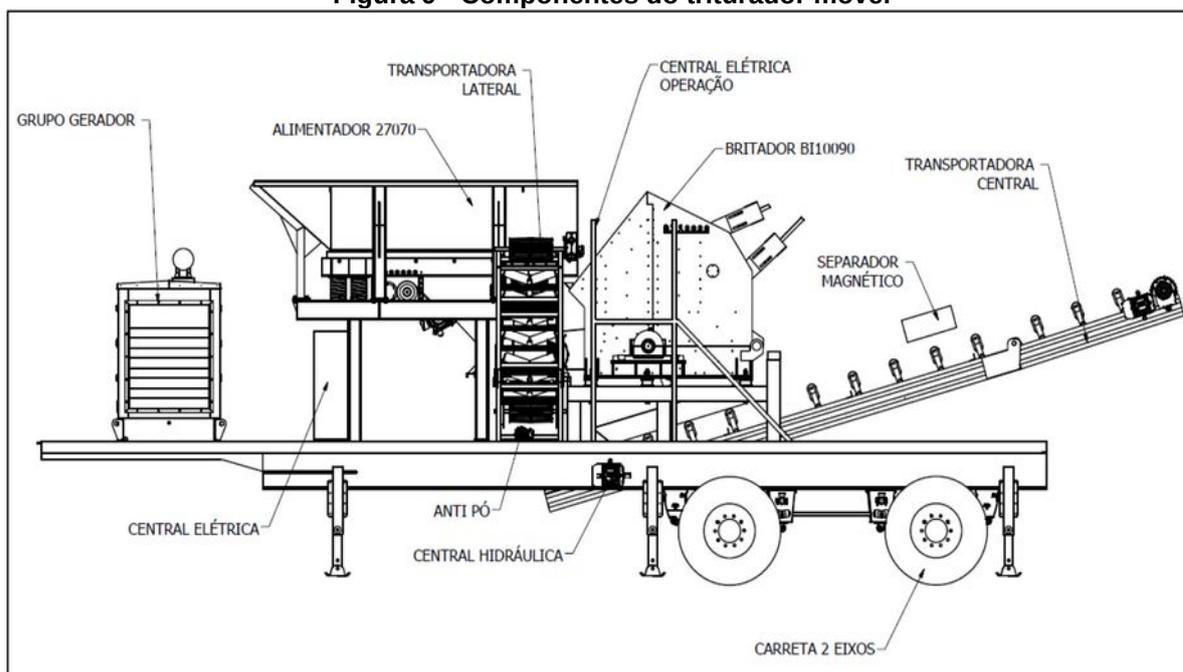
Figura 8 - Equipamento móvel de reciclagem modelo BIM 100900



Fonte: Ficha Técnica do Equipamento (2023, p. 4)

O croqui do conjunto do triturador, juntamente com a indicação dos seus componentes, está representado pela Figura 9.

Figura 9 - Componentes do triturador móvel



Fonte: Ficha Técnica do Equipamento (2023, p 17)

Para o levantamento dos equipamentos necessários, realizou-se pesquisas em outros projetos, bem como entrevista com as responsáveis pelo setor de engenharia e saneamento do município. Com isso, foi analisado que para funcionamento da central de reciclagem foi realizado levantamento de custos para uma rampa para o descarregamento dos resíduos, por meio de uma retroescavadeira com rompedor hidráulico, para quebrar os materiais que não cabem no britador móvel. Também, para o transporte interno dos RCCs um caminhão basculante e uma balança para pesar os caminhões que entram e saem da central.

A primeira etapa para a elaboração da planta da central de reciclagem foi a definição do local a ser utilizado, para isso, buscou-se um local que atendesse às exigências da norma. O terreno selecionado pertence à prefeitura e já possui licença ambiental para o funcionamento do triturador de resíduos que foi desativado, ao lado da Associação de Reciclagem de Guararapes e do Canil Municipal, na estrada municipal GRR450. A Figura 10 apresenta a localização do terreno.

Figura 10 - Localização do terreno

Fonte: Google Earth (2023)

Com as informações a respeito do local, das exigências da norma e das condições de funcionamento dos equipamentos, a planta da central de reciclagem foi desenvolvida.

5.4 Custos e Retorno Esperado

A última etapa foi o levantamento dos custos de implantação e operação da central, a estimativa da receita gerada com a venda dos agregados reciclados e retorno financeiro esperado. Dentre os custos de implantação foram considerados os custos: de construção, de aquisição dos equipamentos necessários para o funcionamento da central e mobiliário. Já para os custos de operação: energia, combustível, salário dos funcionários e manutenção de equipamentos. A projeção da receita foi calculada com base nas estimativas de crescimento da população e dos resíduos do município, utilizando o preço médio de venda de agregados reciclados.

De acordo com Rodrigues *et. al.* (2015), a análise da viabilidade financeira dos investimentos é calculada utilizando técnicas que avaliam a utilização do capital, considerando os riscos e retornos esperados, dentre essas análises, as mais utilizadas são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* descontado. Por fim, utilizando os dados mencionados anteriormente foi calculada a viabilidade financeira, utilizando os três indicadores.

5.4.1 Valor Presente Líquido

Segundo Macari (2019), o VPL é o resultado da subtração dos recursos aplicadas dos ganhos esperados do empreendimento. O cálculo considera também uma taxa de juros, que representa o custo de oportunidade do projeto e os fluxos de caixa produzido. O valor do VPL é calculado utilizando a Equação 1:

$$VPL(n) = \frac{FC(n)}{(1+i)^n}$$

Onde:

VPL(n) = Valor presente líquido (R\$);

FC(n) = Fluxo de caixa no período (R\$);

n = Período (ano);

i = Taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA).

Se o resultado encontrado for maior que zero, o empreendimento é considerado financeiramente positivo, caso o resultado seja nulo, também pode ser considerado viável, quanto maior o resultado, melhor será considerado o projeto.

5.4.2 Payback

De acordo com Carlesso (2015), o *Payback* é um método utilizado para encontrar qual o intervalo de tempo em que o valor investido é recuperado, considerando a receita líquida ao longo do tempo. O método é usado para avaliar investimentos de longo prazo, determinando os riscos ao aplicar o capital. Nesse método, quanto menor o valor, menor será o risco de aplicação, se tornando aceitável caso o tempo para o retorno financeiro seja menor ou igual aos padrões impostos pelas empresas.

Outra variação do indicador é o Payback descontado, Macari (2019) afirma que o critério é mais coerente com a realidade em relação ao *Payback* simples, pois considera o valor do dinheiro ao longo do tempo, considerando uma taxa de desconto para a valorização.

5.4.3 Taxa Interna de Retorno

A TIR representa uma taxa de desconto que iguala o valor de entrada do caixa e o valor de líquido de retirada, tornando o fluxo de caixa descontado nulo. A análise

é baseada no método VPL e o termo interna se refere ao fato de não depender das taxas de juro do mercado. (HOSNI; CAVIGNAC; MACEDO; 2019). O valor da TIR é calculado a partir da Equação 2:

$$\text{VPL} = \text{Investimento Inicial} + \frac{\text{FC}(n)}{(1+i)^n} = 0$$

Onde:

VPL = Valor presente líquido (R\$);

FC(n) = Fluxo de caixa no período (R\$);

n = Período (ano);

i = Taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA).

De acordo com Carlesso (2015), um investimento é considerado vantajoso caso a TIR for maior ou igual a taxa mínima estipulada, caso contrário, comprometeria a rentabilidade da empresa. O indicador deve ser utilizado como comparação entre a dimensão do retorno financeiro e o risco do projeto.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o estudo das condições necessárias para a implantação e funcionamento dos equipamentos da central de reciclagem de RCC, foi desenvolvida a planta do local. O projeto possui uma área total de 6.149,28 m², com as seguintes instalações: uma guarita, dois banheiros, uma cozinha, um vestiário, três depósitos para armazenamento de resíduos de classe B, C e D, uma área para funcionamento do triturador, juntamente com a rampa de carregamento e dois pátios, um utilizado para a triagem dos materiais recebidos e outro para depósito dos agregados triturados. As informações completas encontram-se no projeto arquitetônico presente no Apêndice A.

6.1 Custos de Implantação

Para calcular os custos de implantação da central de reciclagem foram considerados: o custo para construção das instalações, por meio da planilha orçamentaria citada anteriormente; custo para aquisição dos equipamentos necessários, através da consulta em sites e contato com fornecedores; e o custo para compra de moveis para os alojamentos e de um computador.

Dentre os equipamentos citados anteriormente como fundamentais para a operação da central, somente foi orçado o preço de aquisição e instalação de uma balança com capacidade de 50 toneladas, pois o triturador estará em funcionamento no município em apenas três dias por mês, segundo as condições do consórcio. Assim, se torna mais econômico utilizar uma retroescavadeira e um caminhão basculante já alugadas pelo município, tornando-os custos operacionais.

Com o desenvolvimento do projeto foi possível elaborar a planilha orçamentaria da obra, presente no Apêndice B, utilizada para calcular o valor dos serviços e materiais necessários para a construção da edificação. O Valor total de todos os custos de implantação está apresentado pela Tabela 1.

Tabela 1 - Custos de Implantação

Itens	Custo (R\$)
Construção	499.529,43
Balança 50 Toneladas	60.000,00
Mobiliário e Computador	10.000,00
Total	569.529,43

Fonte: Autoria Própria (2023)

A construção da central se destaca como maior custo de implantação, representando 87,71% do investimento inicial.

6.2 Custos de Operação

Para calcular o custo de operação foram levados em conta: os salários dos funcionários, as despesas com energia, combustível e manutenção dos equipamentos. Os valores dos salários dos funcionários, juntamente com seus encargos, foram definidos de acordo com listagem de cargos e salários encontrada no Portal da Transparência do município, foram considerados necessários para o funcionamento da central, um operador de máquinas, para transporte dos produtos e outros dois funcionários de serviços gerais, um para o controle de entrada e saída de veículos e outro para a triagem dos materiais.

No Portal da Transparência do Município também foram encontrados os valores, por dia ou hora de serviço, do aluguel dos veículos a serem utilizados, no preço já estão inclusos os gastos com combustível, manutenção e funcionários para operação dos equipamentos. O gasto com energia elétrica foi calculado a partir das especificações técnicas do triturador, apresentando um consumo médio de 101 kWh, considerando o funcionamento do equipamento durante 12 horas ao longo de três dias

no mês e o valor da tarifa energética para o estado de São Paulo sendo de R\$ 0,649/kWh (ANEEL, 2023).

O Valor total de todos os custos de operação está apresentado pela Tabela 2.

Itens	Valor Mensal (R\$)	Valor Anual (R\$)
Salário Funcionários	6.047,07	72.564,84
Energia	2.360,01	28.320,12
Aluguel Escavadeira	7.920,00	95.040,00
Aluguel Basculante	2.982,00	35.784,00
Aluguel Triturador Móvel	3.000,00	36.000,00
Total	22.309,08	267.708,96

Fonte: Autoria Própria (2023)

O aluguel das máquinas representa o maior custo de operação da central, 62,31% do total, considerando que as despesas com combustível, operação e manutenção já estão inclusos em seu valor.

6.3 Projeção de Receita

O cálculo da projeção da receita foi realizado a partir do produto da projeção de crescimento da população e da média de produção de RCC, em ton/(mês.hab), da região Sudeste, já apresentadas anteriormente. A porcentagem de resíduos de classe A, em relação a quantidade total de RCC, foi definida como sendo de 78,14%, com base na média encontrada na pesquisa de Martins (2015), realizada em município da mesma região. Por fim, foi adotado um valor médio para a venda de agregados reciclados de R\$ 46,80/m³, de acordo com o estudo realizado por Oliveira *et. al.* (2022).

Os valores para os anos seguintes foram reajustados de acordo com a inflação de 4,13%, projetada para o próximo ano (BANCO CENTRAL, 2023). Para conversão de unidades foi adotada a massa específica dos RCC como sendo 1,2t/m³ (PINTO, 1999).

A Tabela 3 apresenta os valores encontrados para a receita bruta ao longo dos anos de 2023 a 2040.

Ano	População	RCC (ton)	RCC (m³)	RCC Classe A (m³)	Preço de Venda (R\$/m³)	Receita Bruta (R\$)
2023	33.890,09	9.252,67	7.710,56	6.025,03	46,80	281.971,49
2024	34.157,62	9.325,71	7.771,43	6.072,59	48,73	295.934,74

2025	34.427,27	9.399,33	7.832,78	6.120,53	50,75	310.589,52
2026	34.699,04	9.473,53	7.894,61	6.168,85	52,84	325.969,93
2027	34.972,96	9.548,32	7.956,93	6.217,55	55,02	342.112,03
2028	35.249,04	9.623,69	8.019,74	6.266,63	57,30	359.053,46
2029	35.527,30	9.699,66	8.083,05	6.316,10	59,66	376.833,83
2030	35.807,76	9.776,23	8.146,86	6.365,96	62,13	395.494,74
2031	36.090,43	9.853,41	8.211,17	6.416,21	64,69	415.079,69
2032	36.375,33	9.931,19	8.275,99	6.466,86	67,36	435.634,47
2033	36.662,49	10.009,59	8.341,33	6.517,91	70,15	457.207,26
2034	36.951,90	10.088,61	8.407,17	6.569,37	73,04	479.848,13
2035	37.243,61	10.168,25	8.473,54	6.621,23	76,06	503.610,37
2036	37.537,61	10.248,52	8.540,43	6.673,49	79,20	528.549,16
2037	37.833,94	10.329,42	8.607,85	6.726,18	82,47	554.723,04
2038	38.132,61	10.410,97	8.675,80	6.779,27	85,88	582.193,07
2039	38.433,63	10.493,15	8.744,29	6.832,79	89,43	611.023,31
2040	38.737,03	10.575,98	8.813,32	6.886,73	93,12	641.281,27

Fonte: Autoria Própria (2023)

A projeção da receita só leva em consideração o lucro bruto atingido com a venda dos materiais, para uma avaliação mais precisa deve ser feito o cálculo da receita líquida, subtraindo o valor das despesas operacionais do valor da receita bruta.

6.4 Análise da Viabilidade Financeira

O retorno financeiro ou *Payback* Descontado do empreendimento foi o primeiro indicador a ser calculado, de acordo com o investimento inicial e as despesas e receitas geradas ao longo dos anos, com o objetivo de definir a partir de qual ano a central se tornará lucrativa para a prefeitura. Para a projeção de aumento dos gastos operacionais também se considerou a inflação prevista de 4,13% (BANCO CENTRAL, 2023).

A receita líquida foi calculada pela diferença entre a receita bruta, apresentada na Tabela, e os custos operacionais. Com esses dados foi possível definir o tempo para o retorno financeiro, somando a receita líquida encontrada ao longo dos anos ao custo total de implantação. A Tabela 4 apresenta os resultados para o *Payback* Descontado ao longo dos anos, até o ano em que foram realizadas a projeção de crescimento da população e geração de resíduos.

Tabela 4 - *Payback* descontado

Ano	Receita Bruta (R\$)	Custos de Operação (R\$)	Receita Líquida (R\$)	Payback Descontado
0		-569.529,43		-569.529,43

1	295.934,74	267.708,96	28.225,78	-541.303,65
2	310.589,52	278.765,34	31.824,18	-509.479,47
3	325.969,93	290.278,35	35.691,58	-473.787,89
4	342.112,03	302.266,84	39.845,18	-433.942,71
5	359.053,46	314.750,47	44.302,99	-389.639,72
6	376.833,83	327.749,66	49.084,18	-340.555,54
7	395.494,74	341.285,72	54.209,02	-286.346,52
8	415.079,69	355.380,82	59.698,87	-226.647,66
9	435.634,47	370.058,05	65.576,42	-161.071,24
10	457.207,26	385.341,45	71.865,81	-89.205,42
11	479.848,13	401.256,05	78.592,08	-10.613,35
12	503.610,37	417.827,92	85.782,45	75.169,11
13	528.549,16	435.084,22	93.464,94	168.634,05
14	554.723,04	453.053,19	101.669,85	270.303,89
15	582.193,07	471.764,29	110.428,78	380.732,67
16	611.023,31	491.248,16	119.775,15	500.507,82
17	641.281,27	511.536,70	129.744,57	630.252,39
Tempo para o Payback (anos e meses)				11,2 anos

Fonte: Autoria Própria (2023)

Em seguida, foi calculado o VPL de cada ano da projeção, considerando o valor taxa mínima de atratividade igual ao valor da inflação do presente ano, após isso, foram somados os resultados dos anos previsto para encontrar o VPL final. A Tabela 5 apresenta os resultados do VPL anual, até o ano em que foram realizadas as projeções populacional e de RCC.

Tabela 5 - Cálculo do VPL

Ano	Receita Líquida (R\$)	VPL Anual (R\$)
0	-569.529,43	-569.529,43
1	28.225,78	27.106,29
2	31.824,18	29.349,82
3	35.691,58	31.611,00
4	39.845,18	33.890,06
5	44.302,99	36.187,09
6	49.084,18	38.502,27
7	54.209,02	40.835,74
8	59.698,87	43.187,61
9	65.576,42	45.558,02
10	71.865,81	47.947,25
11	78.592,08	50.355,19
12	85.782,45	52.782,27
13	93.464,94	55.228,40
14	101.669,85	57.693,92

15	110.428,78	60.178,90
16	119.775,15	62.683,44
17	129.744,57	65.207,78
VPL Final		208.775,61

Fonte: Autoria Própria (2023)

Por fim foi calculado o valor da Taxa Interna de Retorno, utilizando a fórmula já apresentada na página 44, resultando em um valor de 7%, superior a taxa utilizada para o cálculo do VPL, considerando assim, o investimento como positivo. Os resultados e a avaliação dos indicadores estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Avaliação dos indicadores

Indicador	Resultado	Avaliação
Payback	11,2 anos	Positiva (Após 11,2 anos)
VPL	R\$ 208.775,61	Positiva
TIR	7%	Positiva

Fonte: Autoria Própria (2023)

De acordo com os resultados obtidos, o projeto de implantação da central de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil no município de Guararapes – SP se mostra viável economicamente, já que o Valor Presente Líquido é positivo e a Taxa Interna de Retorno é maior que a Taxa Mínima de Atratividade considerada, gerando um retorno financeiro em um período de 11 anos e dois meses.

Ao avaliar os indicadores em conjunto, é possível analisar o comportamento do empreendimento ao longo dos anos, podendo ser atualizadas de acordo com a alteração da inflação, entretanto algumas questões políticas e financeiras podem interferir no sucesso ao decorrer do investimento.

Para reafirmação dos dados obtidos, foram pesquisados trabalhos a respeito da implantação de centrais de reciclagem de RCC, que utilizaram de metodologias similares para a análise da viabilidade financeira. De acordo com Macari (2019), que realizou um estudo a respeito da implantação de uma usina de reciclagem na cidade de Ibitinga-SP, que possui uma população de 57 mil habitantes, foram encontrados os valores de TIR de 12,43%, VPL de R\$ 361.015,65 e *Payback* em 11 anos. Já Gularte *et. al.* (2020), analisaram a viabilidade econômica da implantação de uma central de reciclagem na cidade de Pato Branco-PR, com população estimada de 81 mil habitantes, chegando a resultados de VPL de R\$ 583.919,87, TIR de 34,36% e *Payback* em 12 anos.

Os autores consideraram os investimentos positivos, já que os resultados se mostraram favoráveis à viabilidade econômica, o tempo para o retorno financeiro encontrados são próximos aos calculados pelo presente trabalho, já diferentes valores de TIR e VPL, podem ser explicadas pelas diferenças entre o número de habitantes das cidades, inflação no ano em que foi realizado o cálculo, média de geração de RCD nas cidades e modelo de investimento para a implantação das centrais.

CONCLUSÃO

O setor da construção civil é responsável pela geração de uma grande parcela dos resíduos das cidades, o armazenamento incorreto pode causar prejuízos à população e ao meio ambiente, portanto, é necessário que haja um planejamento para o manejo desses resíduos.

Os materiais provenientes das obras, podem ser reaproveitados de acordo com a classificação da Resolução 307 do CONAMA, se destacando os resíduos de classe A, maior proporção entre os RCC gerados, que são transportados até as centrais de reciclagem para serem triturados e posteriormente reutilizados como agregados.

A quantidade de resíduos que podem ser reciclados ou reutilizados no município foi feita com base nos dados de outras cidades da região, já que o município não possui uma balança para a medição da quantidade de material gerado.

Ao avaliar a viabilidade financeira da implantação de uma central de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Guararapes-SP, foram considerados os custos de implantação, funcionamento e a receita estimada ao longo dos anos. Os resultados para o Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno foram positivos, com um retorno financeiro após 11 anos e dois meses, demonstrando que o investimento é viável economicamente. O sucesso da central também depende da colaboração entre o município e os geradores, que são responsáveis pela separação dos materiais já nos canteiros de obras e o transporte até os locais licenciados, além disso deve ser incentivada a utilização dos resíduos reciclados, substituindo o agregado natural.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se realizar um estudo a respeito da geração de resíduos no município, visto que o dimensionamento da central foi feito com base nos dados de outras cidades da região.

Outra sugestão seria uma pesquisa de mercado com as construtoras da cidade a respeito da aceitação do uso de agregados reciclados em suas obras, definindo qual o preço a ser cobrado pelo material.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica - **Valores das bandeiras tarifárias são atualizados para o período 2022-2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/valores-das-bandeiras-tarifarias-sao-atualizados-para-o-periodo-2022-2023#:~:text=Sem%20custo%20adicional&text=A%20bandeira%20amarela%20passa%20a,9,795%20a%20cada%20100%20kWh>. Acesso em: 09 maio 2023.
- ANDRADE, R.G.; *et. al.* Geotecnologias aplicadas à avaliação de parâmetros biofísicos do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1227-1234, 2012.
- ÂNGULO, S.C.; JOHN, V.M.; KAHN, H.; ULSEN, C. **Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 63, n. 2, p. 339-346, abr./jun., 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14112**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Relatório de Pesquisa Setorial 2014/2015**. 31p. 2015. Disponível em: http://www.abrecon.org.br/pesquisa_setorial/. Acesso em: 10 mai. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Inflação**. v. 25, n. 1, p. 1-85. Brasília. Mar. 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/ri/relatorioinflacao/202303/ri202303p.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2023.

BAPTISTA JR., J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana**. Curitiba, v. 5, n. 2., p. 37-57, Jul./Dez. 2013.

BATISTA, Maria Clara; ALCANTRA, Patrícia F. de; CASTRO, Luiza Maia de. Utilização de Resíduos de Vidro no Setor da Construção Civil. *In*: 5º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2022, Gramado - RS. **5º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Casa Civil, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 11 abr. 2022.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília, 2004. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=232228&_101_type=content&_101_urlTitle=manual-de-saneamen-1&inheritRedirect=true. Acesso em: 15 mai. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 469, de julho de 2015**. Altera a Resolução Conama nº307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Brasília. 2015

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra; MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos. Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil. **Sinduscon/CE**. Fortaleza, 2011.

CARLESSO, Wagner Manica. **Análise de Viabilidade Técnico-Econômica na Implantação de um Centro de Reciclagem De Resíduos na Construção Civil no Município de Lajeado – Rs**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2015.

CAVALCANTE, Erlandson Albuquerque *et al.* Logística reversa de resíduos sólidos do setor de construção civil: aspectos conceituais; regulamentação e fluxo reverso. *In*: XX SIMPEP - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013, Bauru - SP. **XX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção**. [S. l.]: Universidade Federal do Ceará. p. 16.

CEMPRE - **Compromisso Empresarial para Reciclagem** - Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acesso em: 02 mai. 2023.

CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO – CBCA (São

Paulo). **CONSTRUÇÃO EM AÇO: Sustentabilidade**. 2015. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-sustentabilidade.php>. Acesso em: 18 mai. 2022.

CHAPARRO, Marcia Aparecida Campos et al. A importância da reciclagem do vidro para a natureza. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50239-50246, 2021.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; BALISTA, Wagner Cezario; COMPER, Indiana Caliman. Logística reversa: o estado da arte e perspectivas futuras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 821-831, 2019.

CIENSP. **Plano Regional de Resíduos Sólidos dos Municípios do Consórcio Intermunicipal do Extremo Noroeste de São Paulo**. 2022.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução nº307, de 5 de julho de 2002: **Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Julho, 2002.

COUTO, Maria Cláudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 889-898, 2017.

FERNANDES, Fernando Antonio da Silva. **Espumas vítreas produzidas a partir da reciclagem de vidro sodocálcico e cinzas de casca de arroz aplicadas em substituição parcial de agregados em concreto leve**. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

FERNANDES, Graziella Quint. **Resíduos de construção e demolição: uma abordagem do assunto e a situação do município de Florianópolis**. MBA Gestão de Obras e Projetos - Florianópolis, 2018. Universidade do Sul de Santa Catarina.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre *et. al.* Gerenciamento dos resíduos de demolição gerados nas obras de um edifício localizado na Zona Leste da Cidade de São Paulo/SP. **Desenvolvimento em questão**, v. 13, n. 30, p. 265-305, 2015.

FONSÊCA, Rúbia de Oliveira; UCHOA, Francisco Passos. **A importância da logística reversa para construção civil**. 2016.

GUARARAPES - SP, **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólido – PMGIRS**, 2020.

GULARTE, L.C.P; *et.al.* Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em município brasileiro. Revista **Eng Sanit Ambient**, v. 25, n. 2, p. 281-291, mar/abr. 2020.

HAMMES, G.; SOUZA, E. D. de, RODRIGUEZ, C. M. T. Avaliação de desempenho da logística reversa no setor da construção civil. **Exacta**. v. 19, 497-522, jul./set. 2021.

HANDELMAQ COMÉRCIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA. **Ficha técnica do equipamento móvel de reciclagem RCC** – Modelo: CMR100900 / BIM10090. 2023.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Estimativas 2017 municípios**. 30 de agosto de 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-Moticias/releases/16131-ibge-divulga-as-Estimativas-populacionais-dos-municipios-para-2017.html>. Acesso em: 6 jun. 2022.

KREUTZ, Juliana Cristina. **Propriedades mecânicas e térmicas de compósitos de poliestireno e MDF**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

KUHN, Claison *et. al.* Análise de Viabilidade Econômica de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 478-494, jul./set. 2017.

LIMA, Rosemeire Suzuki; LIMA, Ruy Reynaldo Rosa. Resíduos Sólidos. **Crea-PR, Série de Cadernos Técnicos**, 2016.

LUCHEZZI, Celso. **Logística reversa na construção civil**. 2014. 165 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2014.

LUCHEZZI, Celso; TERENCE, Mauro Cesar. (2013). Logística Reversa Aplicada na Construção Civil. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**. v. 13, n. 1, p. 144-160.

MACARI, Gabriel Bufelli. **Estudo de viabilidade de usina para reciclagem de resíduos de construção civil em um município do interior paulista**. 2019. 58 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia de Produção — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

MARCELLO, Duany. **Alternativas para aplicação de logística reversa na construção civil em Florianópolis**. 2019. 87 p. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

MARTINS, Adriana. **Estudo dos Resíduos da Construção Civil Classe A para o Município de Ilha Solteira – SP**. 2015. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

MAZUR, Joyce. **Resíduos sólidos da construção civil e a logística reversa no canteiro de obras vinculados à saúde e segurança do trabalhador**. 2015. 51 p. Monografia (Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DE MOURA, Natália; VENQUIARUTO, Simone Dornelles. Análise da resistência à compressão axial de concretos leves com substituição parcial de PET. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, 2017.

O que são resíduos sólidos? 16 nov. 2017. Disponível em:

<http://protegeer.gov.br/rsu/o-que->

[sao#:~:text=A%20Política%20Nacional%20de%20Resíduos,necessário%20para%20quem%20o%20descartou](http://protegeer.gov.br/rsu/o-que-sao#:~:text=A%20Política%20Nacional%20de%20Resíduos,necessário%20para%20quem%20o%20descartou). Acesso em: 1 jun. 2022.

OLIVEIRA, Nubia Regina de.; *et. al.* Revisão dos dispositivos legais e normativos internacionais e nacionais sobre gestão de medicamentos e de seus resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 2939-2950, 2019.

OLIVEIRA, Allan Carvalho de.; *et. al.* **Análise da viabilidade técnica e financeira do emprego de RCD como agregado para pavimentação**. 2022. 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil — Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2022.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

Resíduos Sólidos: o que são, legislação a respeito e como destinar e tratar corretamente. 27 ago. 2020. Disponível em:

<https://www.vgresiduos.com.br/blog/residuos-solidos-o-que-sao-legislacao-a-respeito-e-como-destinar-e-tratar-corretamente/>. Acesso em: 2 jun. 2022.

SÃO PAULO. **Lei n. 997, de 31 de Maio de 1976**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, Palácio Dos Bandeirantes, 1976. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/lei-997-31.05.1976.html>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SÃO PAULO. **Lei n. 12.300, de 16 de Março de 2006**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. São Paulo, Palácio Dos Bandeirantes, 2006. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006/lei-12300-16.03.2006.html>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SÃO PAULO. **Lei n. 13.577, de 08 de Julho de 2009**. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.. São Paulo, Palácio Dos Bandeirantes, 2009. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html#:~:text=Artigo%201%C2%BA%20%2D%20Esta%20lei%20trata,seus%20usos%20atual%20e%20futuro>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo**. 1ª ed. São Paulo: 2020. 276 p. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos4/planos-de-residuos-solidos/> Acesso em: 13/04/2023.

SCHAMNE, Annelise N.; NAGALLI, André. **Reverse logistics in the construction sector: a literature review**, The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, v.21, pp. 691-702, 2016.

SCHELEIDER, Alisson de Miranda. **Aplicabilidade de um sistema de logística reversa: caso de uma obra de edifício residencial**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SINDUSCON. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil** - avanços institucionais e melhorias técnicas. SindusCon-SP, p. 149, 2015.

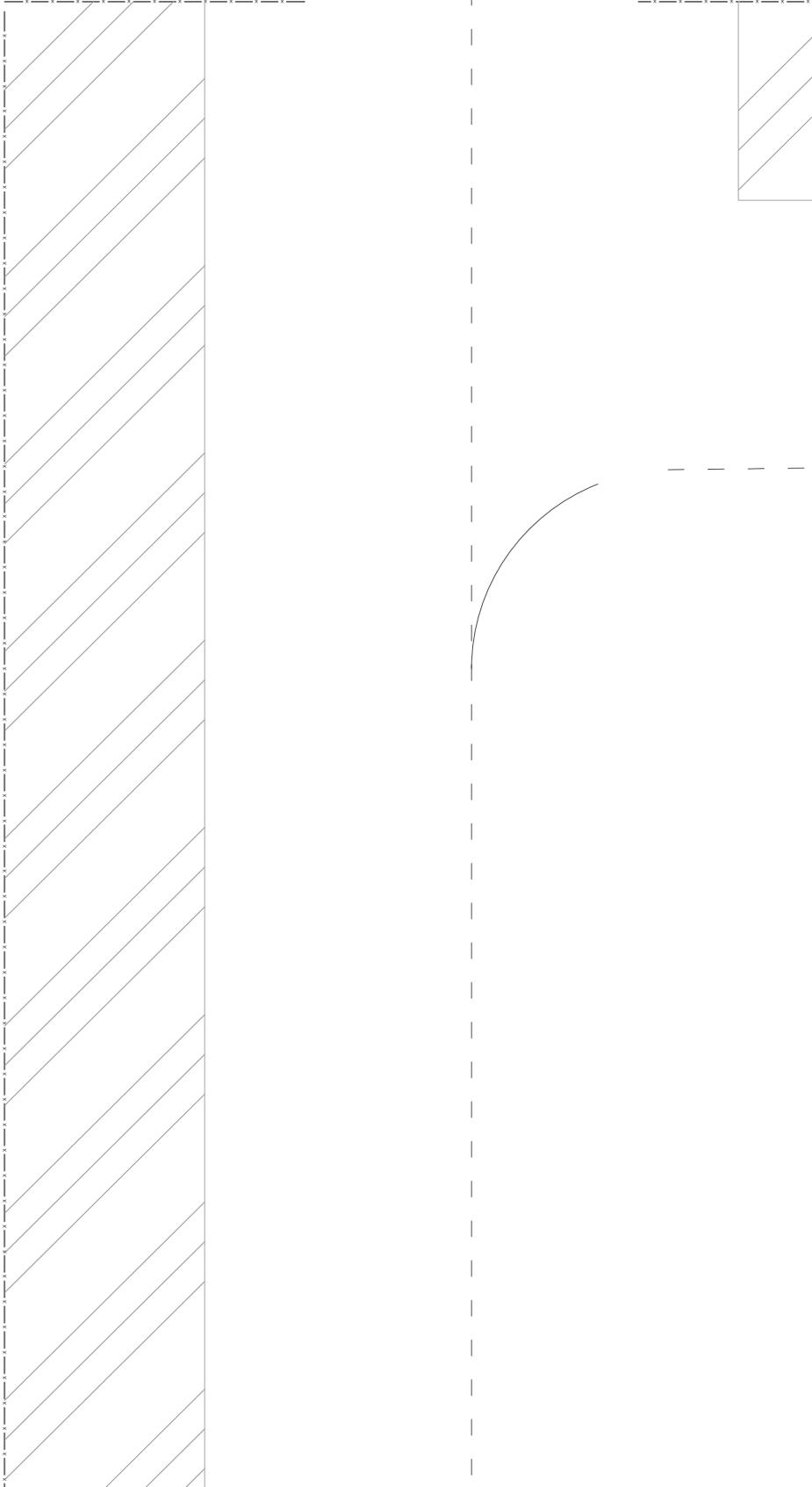
SOARES, M.C.; MALLMANN, L.; RETZKE, D. (2017). **Logística reversa aplicada à construção civil**: análise dos processos de descarte em uma construtora no município de Capão da Canoa/RS. Seminário de Iniciação Científica-Inovação na aprendizagem. Universidade de Santa Cruz do Sul. ISSN 2318-8685.

VIEIRA, C. R., ROCHA, J. H. A., LAFAYETTE, K. P. V., SILVA, D. M. Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.11, p. 1-13, 2019.

APÊNDICE A – Projeto da central

Saída

Portão de Correr
5,00 x 2,10



Estrada Municipal
66,52

Cinturão Verde

Contenção
Pluvial

← Inclinação da Terreno 0,5%

amento
ados

APÊNDICE B – Planilha orçamentária

Apêndice B

Obra
Central de Reciclagem

Bancos
SINAPI - 03/2023 - São Paulo
SICRO3 - 01/2023 - São Paulo
CPOS - 03/2023 - São Paulo

B.D.I.
Padrão - 22,04%

Encargos Sociais
Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.

Orçamento Sintético

Item	Código Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1		Serviços Preliminares		1			38.537,69	7,71 %
1.1	02.08.020 CPOS	Placa de identificação para obra	m²	3	893,51	1.090,43	3.271,29	0,65 %
1.2	04.01.100 CPOS	Retirada de cerca	M	219,19	12,07	14,73	3.228,66	0,65 %
1.3	02.09.040 CPOS	Limpeza mecanizada do terreno, inclusive troncos até 15 cm de diâmetro, com caminhão à disposição dentro e fora da obra, com transporte no raio de até 1 km	m²	6149,28	4,27	5,21	32.037,74	6,41 %
2		Infraestrutura/Fundação		1			42.824,80	8,57 %
2.1	02.10.020 CPOS	Locação de obra de edificação	m²	355,12	16,99	20,73	7.361,63	1,47 %
2.2	12.01.041 CPOS	Broca em concreto armado diâmetro de 25 cm - completa	M	72	75,27	91,85	6.613,20	1,32 %
2.3	06.01.020 CPOS	Escavação manual em solo de 1ª e 2ª categoria em campo aberto	m³	13,83	48,67	59,39	821,36	0,16 %
2.4	09.01.020 CPOS	Forma em madeira comum para fundação	m²	94,8	99,96	121,99	11.564,65	2,32 %
2.5	11.01.100 CPOS	Concreto usinado, fck = 20 MPa	m³	9,45	437,96	534,48	5.050,83	1,01 %
2.6	10.01.040 CPOS	Armadura em barra de aço CA-50 (A ou B) fyk = 500 MPa	KG	355,35	11,26	13,74	4.882,50	0,98 %
2.7	11.16.040 CPOS	Lançamento e adensamento de concreto ou massa em fundação	m³	9,45	164,20	200,38	1.893,59	0,38 %
2.8	32.16.010 CPOS	Impermeabilização em pintura de asfalto oxidado com solventes orgânicos, sobre massa	m²	142,32	19,20	23,43	3.334,55	0,67 %
2.9	06.12.020 CPOS	Aterro manual apiloado de área interna com maço de 30 kg	m³	17,75	60,13	73,38	1.302,49	0,26 %
3		Rampa		1			67.175,76	13,45 %
3.1	12.01.021 CPOS	Broca em concreto armado diâmetro de 20 cm - completa	M	42	63,42	77,39	3.250,38	0,65 %
3.2	11.01.130 CPOS	Concreto usinado, fck = 25 MPa	m³	53,36	458,31	559,32	29.845,31	5,97 %
3.3	11.16.060 CPOS	Lançamento e adensamento de concreto ou massa em estrutura	m³	53,36	113,41	138,40	7.385,02	1,48 %
3.4	10.01.040 CPOS	Armadura em barra de aço CA-50 (A ou B) fyk = 500 MPa	KG	358,24	11,26	13,74	4.922,21	0,99 %
3.5	10.02.020 CPOS	Armadura em tela soldada de aço	KG	350,98	14,39	17,56	6.163,20	1,23 %
3.6	14.11.221 CPOS	Alvenaria de bloco de concreto estrutural 14 x 19 x 39 cm - classe B	m²	94	94,52	115,35	10.842,90	2,17 %
3.7	17.02.020 CPOS	Chapisco	m²	94	6,78	8,27	777,38	0,16 %
3.8	17.02.220 CPOS	Reboco	m²	94	12,81	15,63	1.469,22	0,29 %
3.9	17.02.120 CPOS	Emboço comum	m²	94	21,97	26,81	2.520,14	0,50 %
4		Superestrutura		1			50.127,24	10,03 %
4.1	10.01.040 CPOS	Armadura em barra de aço CA-50 (A ou B) fyk = 500 MPa	KG	493,9	11,26	13,74	6.786,18	1,36 %
4.2	11.01.100 CPOS	Concreto usinado, fck = 20 MPa	m³	6,18	437,96	534,48	3.303,08	0,66 %
4.3	11.16.060 CPOS	Lançamento e adensamento de concreto ou massa em estrutura	m³	6,18	113,41	138,40	855,31	0,17 %
4.4	17.02.020 CPOS	Chapisco	m²	120,66	6,78	8,27	997,85	0,20 %
4.5	17.02.220 CPOS	Reboco	m²	38,1	12,81	15,63	595,50	0,12 %
4.6	17.02.120 CPOS	Emboço comum	m²	120,66	21,97	26,81	3.234,89	0,65 %
4.7	14.10.111 CPOS	Alvenaria de bloco de concreto de vedação de 14 x 19 x 39 cm - classe C	m²	340,48	82,68	100,90	34.354,43	6,88 %
5		Cobertura e Forro		1			48.895,00	9,79 %
5.1	16.03.010 CPOS	Telhamento em cimento reforçado com fio sintético CRFS - perfil ondulado de 6 mm	m²	254	63,74	77,78	19.756,12	3,95 %
5.2	15.03.131 CPOS	Fornecimento e montagem de estrutura em aço ASTM-A572 Grau 50, sem pintura	KG	1524	15,67	19,12	29.138,88	5,83 %
6		Piso e Contrapiso		1			22.895,36	4,58 %
6.1	54.01.010 CPOS	Regularização e compactação mecanizada de superfície, sem controle do proctor normal	m²	355,12	3,78	4,61	1.637,10	0,33 %
6.2	94438 SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIM E AREIA), EM BETONEIRA 400 L, ESPESSURA 3 CM ÁREAS SECAS E 3 CM ÁREAS MOLHADAS, PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL UNIFAMILIAR (CASA) E EDIFICAÇÃO PÚBLICA PADRÃO. AF_11/2014	m²	355,12	40,76	49,74	17.663,66	3,54 %
6.3	17.03.020 CPOS	Cimentado desempenado	m²	90	32,73	39,94	3.594,60	0,72 %
7		Revestimento Cerâmico		1			12.252,77	2,45 %
7.1	18.06.102 CPOS	Placa cerâmica esmaltada PEI-5 para área interna, grupo de absorção BlIb, resistência química B, assentado com argamassa colante industrializada	m²	36,66	45,10	55,04	2.017,76	0,40 %
7.2	18.06.400 CPOS	Rejuntamento em placas cerâmicas com cimento branco, juntas acima de 3 até 5 mm	m	36,66	11,04	13,47	493,81	0,10 %
7.3	18.06.103 CPOS	Rodapé em placa cerâmica esmaltada PEI-5 para área interna, grupo de absorção BlIb, resistência química B, assentado com argamassa colante industrializada	M	19,93	6,16	7,51	149,67	0,03 %
7.4	18.06.500 CPOS	Rejuntamento de rodapé em placas cerâmicas com cimento branco, altura até 10 cm, juntas acima de 3 até 5 mm	m	19,93	1,21	1,47	29,29	0,01 %

Apêndice B

7.5	18.11.042	CPOS	Revestimento em placa cerâmica esmaltada de 20x20 cm, tipo monocolor, m² assentado e rejuntado com argamassa industrializada		84,96	92,23	112,55	9.562,24	1,91 %
8			Esquadrias		1			9.781,87	1,96 %
8.1	24.02.070	CPOS	Porta de ferro de abrir tipo veneziana, linha comercial	m²	10,08	575,46	702,29	7.079,08	1,42 %
8.2	25.01.030	CPOS	Caixilho em alumínio basculante com vidro, linha comercial	m²	1,2	442,59	540,13	648,15	0,13 %
8.3	25.01.070	CPOS	Caixilho em alumínio de correr com vidro, linha comercial	m²	4,8	350,75	428,05	2.054,64	0,41 %
9			Instalações Elétricas		1			6.009,86	1,20 %
9.1	93145	SINAPI	PONTO DE ILUMINAÇÃO E TOMADA, RESIDENCIAL, INCLUINDO INTERRUPTOR SIMPLES E TOMADA 10A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO (EXCLUINDO LUMINÁRIA E LÂMPADA). AF_01/2016	UN	12	272,17	332,15	3.985,80	0,80 %
9.2	93141	SINAPI	PONTO DE TOMADA RESIDENCIAL INCLUINDO TOMADA 10A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_01/2016	UN	4	227,26	277,34	1.109,36	0,22 %
9.3	37.03.200	CPOS	Quadro de distribuição universal de embutir, para disjuntores 16 DIN / 12 BORN on - 150 A - sem componentes	UN	1	662,39	808,38	808,38	0,16 %
9.4	37.13.800	CPOS	Mini-disjuntor termomagnético, unipolar 127/220 V, corrente de 10 A até 32UN	UN	4	21,78	26,58	106,32	0,02 %
10			Instalações Hidráulicas e Louças		1			12.344,30	2,47 %
10.1	89957	SINAPI	PONTO DE CONSUMO TERMINAL DE ÁGUA FRIA (SUBRAMAL) COM TUBULAÇÃO DE PVC, DN 25 MM, INSTALADO EM RAMAL DE ÁGUA, INCLUSOS RASGO E CHUMBAMENTO EM ALVENARIA. AF_12/2014	UN	5	171,00	208,68	1.043,40	0,21 %
10.2	91795	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INST. TUBO PVC, SÉRIE N, ESGOTO PREDIAL, 100 MM (INST. RAMAL DESCARGA, RAMAL DE ESG. SANIT., PRUMADA ESG. SANIT., VENTILAÇÃO OU SUB-COLETOR AÉREO), INCL. CONEXÕES E CORTES, FIXAÇÕES, P/ PRÉDIOS. AF_10/2015	M	20	79,87	97,47	1.949,40	0,39 %
10.3	49.14.010	CPOS	Fossa séptica câmara única com anéis pré-moldados em concreto, diâmetroDN externo de 1,50 m, altura útil de 1,50 m	UN	1	4.140,73	5.053,34	5.053,34	1,01 %
10.4	44.01.800	CPOS	Bacia sifonada com caixa de descarga acoplada sem tampa - 6 litros	CJ	2	729,65	890,46	1.780,92	0,36 %
10.5	44.01.110	CPOS	Lavatório de louça com coluna	UN	2	284,86	347,64	695,28	0,14 %
10.6	44.03.470	CPOS	Torneira de parede para pia com bica móvel e arejador, em latão fundido cromado	UN	5	72,08	87,96	439,80	0,09 %
10.7	44.02.062	CPOS	Tampo/bancada em granito, com frontão, espessura de 2 cm, acabamento polido	m²	0,91	821,12	1.002,09	911,90	0,18 %
10.8	44.06.250	CPOS	Cuba em aço inoxidável simples de 300 x 140mm	UN	1	264,81	323,17	323,17	0,06 %
10.9	43.02.140	CPOS	Chuveiro elétrico de 5.500 W / 220 V em PVC	UN	1	120,53	147,09	147,09	0,03 %
11			RESERVATÓRIO METÁLICO SOBRE BASE		1			54.842,32	10,98 %
11.1	7107376	SICRO3	Fornecimento e instalação de reservatório metálico tipo taça de 20.000 litrosan pintura interna e externa com escada de acesso e	UN	1	44.937,99	54.842,32	54.842,32	10,98 %
12			Pintura		1			4.020,14	0,80 %
12.1	33.11.050	CPOS	Esmalte à base água em superfície metálica, inclusive preparo	m²	32,16	45,75	55,83	1.795,49	0,36 %
12.2	33.10.030	CPOS	Tinta acrílica antimofa em massa, inclusive preparo	m²	38,1	31,12	37,97	1.446,65	0,29 %
12.3	33.02.080	CPOS	Massa corrida à base de resina acrílica	m²	38,1	16,74	20,42	778,00	0,16 %
13			Fechamento Externo		1			129.213,04	25,87 %
13.1	98522	SINAPI	ALAMBRADO EM MOURÕES DE CONCRETO, COM TELA DE ARAME GALVANIZADO (INCLUSIVE MURETA EM CONCRETO). AF_05/2018	M	295	185,73	226,66	66.864,70	13,39 %
13.2	24.02.280	CPOS	Porta/portão de correr em tela ondulada de aço galvanizado, sob medida	m²	23	663,10	809,24	18.612,52	3,73 %
13.3	16.03.322	FDE	ARBUSTO TUMBÉRGIA H=0,50 A 0,70M	UN	491	42,63	52,02	25.541,82	5,11 %
13.4	16.03.494	FDE	ÁRVORE ORNAMENTAL IPÊ-AMARELO H=2,00M	UN	55	271,06	330,80	18.194,00	3,64 %
14			Serviços Complementares		1			609,28	0,12 %
14.1	55.01.020	CPOS	Limpeza final da obra	m²	36,66	13,62	16,62	609,28	0,12 %

Total sem BDI	409.343,43
Total do BDI	90.186,00
Total Geral	499.529,43