

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil*

**PAULO JÚNIO RODRIGUES TEIXEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA MOBILE PARA GERENCIAMENTO E  
COMÉRCIO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM PROPOSIÇÃO DE  
METODOLOGIA DE PRECIFICAÇÃO**

São Carlos-SP

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil*

**PAULO JÚNIO RODRIGUES TEIXEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA MOBILE PARA GERENCIAMENTO E  
COMÉRCIO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM PROPOSIÇÃO DE  
METODOLOGIA DE PRECIFICAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Orientador: Dr. José da Costa Marques Neto**

São Carlos-SP

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Paulo Júnio Rodrigues Teixeira, realizada em 23/08/2021.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Jose da Costa Marques Neto (UFSCar)

Prof. Dr. Valdir Schalch (USP)

Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro (UNESP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pelas benções recebidas durante o desenvolvimento, aos meus pais José e Elvira, minha noiva, minhas irmãs, meu cunhado e meu sobrinho, por todo apoio e paciência recebido neste período.*

## AGRADECIMENTOS

Encerro hoje um ciclo de muito aprendizado e muita luta que culminou na realização de um grande sonho. Durante este período foram muitas batalhas vencidas, muitos km percorridos e muito trabalho realizado. Tudo isso só foi possível graças ao apoio daqueles que sempre estiveram comigo.

Agradeço, primeiramente, a Deus e Nossa Senhora por me permitirem alcançar mais este objetivo. Por toda sabedoria e paciência que me foi concedida, pela proteção nas idas e vindas a São Carlos e principalmente pelo aprendizado nos momentos de ansiedade.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem e me darem força nos momentos de alegria e de tristeza. Por toda dedicação, seja nas marmitas arrumadas, nas roupas lavadas e dobradas, nas caronas, no apoio braçal no desenvolvimento da pesquisa e principalmente no amor concedido.

Às minhas irmãs e meu sobrinho, por serem sempre motivo de alegria. Mesmo nos momentos de muita ansiedade, se mostravam presentes para ajudar e me alegrar da forma mais simples, mas com muito amor.

Ao meu cunhado, por todo apoio nas idas e vindas de São Carlos. Pelas caronas nas madrugadas e principalmente por sempre dizer sim aos pedidos de ajuda, mesmo que isso fosse prejudicar o seu descanso.

À minha noiva, por todo amor e apoio sempre concedido. Por nunca me deixar desistir, por me fazer acreditar que era possível e mesmo nos momentos de grande desespero, por continuar ao meu lado me ajudando e me mostrando que nós eramos capazes. Obrigado também, por toda paciência e compreensão nas minhas ausências, que não foram poucas.

À minha amiga Rafaella, por embarcar junto nesta aventura, desde a inscrição até a apresentação. Obrigado pela parceria nas disciplinas e por solucionar todas minhas dúvidas, quando eu mal tinha tempo de ler o que era preciso.

Ao meu orientador Prof. José da Costa Marques Neto, por me apoiar desde o início, me ouvindo atentamente nas nossas longas reuniões e orientando em tudo que era preciso. Obrigado pelo apoio no tema e por acreditar no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da minha banca de qualificação, Prof. Valdir Schalch e Prof.<sup>a</sup> Érica Pugliesi, pelas correções e contribuições com a organização desta pesquisa. Obrigado também ao Prof. Marcus César Avezum Alves de Castro pelas orientações, correções e toda colaboração com esta pesquisa.

## RESUMO

A geração de resíduos na construção civil (RCC) nunca será zero e a busca por outras soluções perante o simples descarte, deve ser uma melhoria contínua almejada pelos setores de gerenciamento e de responsabilidade ambiental, das empresas do setor. Tanto demolições quanto obras de novos empreendimentos, apresentam resíduos que não estão no fim do seu ciclo de vida útil e permitem serem reempregados na própria obra ou em outras construções. A economia circular visa trazer o resíduo para o início da cadeia produtiva, concedendo a ele valor como material, permitindo o seu reemprego, reduzindo custos e preservando as fontes de recursos. Já o sistema integrado da bolsa de resíduos, objetiva a redução da geração dos entulhos através da integração de vários setores da indústria, ao garantir e permitir a comercialização de subprodutos de um setor, com foco na reutilização em outros. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver e apresentar uma ferramenta mobile, que permite viabilizar o valor do resíduo como produto em uma plataforma de comércio, e permita também apresentar técnicas de reutilização, através de um banco de dados de trabalhos científicos. Para isso, foi proposta uma metodologia de revisão sistêmica, para identificar estudos recentes sobre métodos de reutilização e reciclagem dos RCCs, que mais tarde vieram a integrar o software. Também foi sugerido um método de determinação de custos dos materiais perdidos em uma caçamba estacionária de resíduos, a fim de verificar a ferramenta quanto ao atendimento aos conceitos da bolsa de resíduos. Por fim, foram alcançados 25 trabalhos que apresentavam técnicas de reutilização e obteve-se o resultado de R\$1080,53, ao precificar os resíduos da caçamba. A partir destes e outros dados, desenvolveu-se uma aplicação mobile que além de auxiliar no gerenciamento e descarte, elenca possibilidades de reintegração e de comercialização dos RCCs.

*Palavras-chave:* Construção Civil; Gerenciamento de resíduos; Economia circular; Bolsa de resíduos.

## ABSTRACT

The generation of waste in civil construction (CW) will never be zero and the search for other solutions before the simple disposal, should be a continuous improvement aimed by the management and environmental responsibility sectors of the companies in the sector. Both demolitions and new construction sites present residues that are not at the end of their useful life cycle and can be reused in the construction site itself or in other constructions. The circular economy aims to bring the waste to the beginning of the production chain, giving it value as a material, allowing its reuse, reducing costs and preserving the sources of resources. The integrated system of the waste exchange, on the other hand, aims to reduce the emission of debris through the integration of various sectors of the industry, by ensuring and allowing the marketing of by-products from one sector, with a focus on reuse in others. In this context, the present work aimed to develop and present a mobile tool, which enables the value of waste as a product on a trading platform, and allows the presentation of recycling techniques, through a database of scientific papers. For this, a systemic review methodology was proposed, to identify recent studies on methods of reuse and recycling of CWs, which later came to integrate the software. It was also suggested to determine the costs of the materials lost in a stationary waste bucket, to verify the tool's compliance to the concepts of the waste bag. Finally, 14 papers presenting recycling techniques were reached and the result of R\$1080.53 was obtained, when pricing the waste in the bucket. From these and other data, a mobile application was developed that, in addition to assisting in the management and disposal, lists possibilities of reintegration and commercialization of CWs.

*Keywords:* Civil Construction; Waste Management; Circular Economy; Waste Exchange.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Justificativa em Tópicos .....	9
Figura 2 - Fontes Geradoras de Resíduos .....	18
Figura 3 - Composição percentual dos RCC no município de São Carlos - SP .....	18
Figura 4 - Composição percentual dos RCC no município de Ribeirão Preto - SP .....	19
Figura 5 - Estimativa de Entulho .....	24
Figura 6 - Composição do custo total considerando-se material granular reciclado e transporte de resíduos de demolição para URE e aterro licenciado. ....	26
Figura 7 - Princípios da Economia Circular .....	41
Figura 8 - Fases da Pesquisa.....	48
Figura 9 - Localização do Município de Arcos .....	50
Figura 10 - Edificação do Estudo .....	50
Figura 11 - Caçamba Estacionária na Obra .....	51
Figura 12 - Caçamba Estacionário no Local do Estudo .....	64
Figura 13 - Classificação e Quantificação (Etapa 1) .....	65
Figura 14 - Resíduo de Concreto e Argamassa, Material Cerâmico (Tijolo) e Material de Pintura.....	65
Figura 15 - Resíduos de Telha de Fibrocimento e de Madeira.....	65
Figura 16 - Resíduo Material Elétrico .....	66
Figura 17 - Resíduos de Madeira, Material Cerâmico (Placas e Porcelanato), Material Cerâmico (Tijolos), Material Hidráulico e Lixo Orgânico.....	66
Figura 18 - Resíduo de Madeira e Papel .....	66
Figura 19 - Resíduo de Isopor, Plástico e Papel .....	67
Figura 20 - Resíduo Classe A (impossível de ser separado). ....	67
Figura 21 - Quantificação Amostra Resíduo Classe A (necessário para Etapa 2) .....	67
Figura 22 - Amostra Resíduos Classe A Separados em: Agregado Miúdo, Agregado Graúdo, Concreto e Argamassa, Material Cerâmico (Tijolo), Isopor, Papel, Plástico, Telha de Fibrocimento, Madeira, Material Cerâmico (Placas e Porcelanato), Gesso, Gesso Acartonado e Matéria Orgânica (Vegetação).....	69
Figura 23 - Resíduo Agregado Graúdo (não passante na peneira de malha 4) .....	69
Figura 24 - Resíduo de Agregado Miúdo (passante na peneira de malha 4).....	70
Figura 25 - Quantificação do Resíduo de Concreto e Argamassa.....	70
Figura 26 - Determinação da Massa de Resíduo de Gesso Acartonado .....	71



Figura 27 - Resíduos Classe A (impossíveis de separar visualmente e retornados a caçamba)	73
Figura 28 - Número de Artigos Retornados	81
Figura 29 - Dentro do Tema x Fora do Tema x Duplicado	81
Figura 30 - Temática Identificada	82
Figura 31 - Logo Ferramenta	86
Figura 32 - Telas do Aplicativo	88
Figura 33 - Telas Iniciais	89
Figura 34 - Telas de Castro, Login e Boas-vindas	90
Figura 35 - Tela Principal	90
Figura 36 - Menu Lateral	91
Figura 37 - Tela Contato	92
Figura 38 - Telas Completar Cadastro, Painel de Usuário e Perfil	93
Figura 39 - Menu Inferior (Tela “Painel de Usuário” Acessada)	94
Figura 40 - Telas Lista de Compra, Todos Anúncios e Tela de Anúncios	96
Figura 41 - Telas Detalhes do Anúncio, Finalizar Compra, Proposta e Info Compra	97
Figura 42 - Telas da Ferramenta em Operação 1	98
Figura 43 - Telas Anúncios de Usuário, Editar Produto, Excluir Anúncio e Cadastrar Produto	100
Figura 44 - Tela Cadastrar Tipo	101
Figura 45 - Telas Produtos Vendidos e Informações de Venda	102
Figura 46 - Telas da Ferramenta em Operação 2	103
Figura 47 - Telas Artigo, Lista de Artigo, Cadastrar Artigo e Aviso Cadastro Artigo	106
Figura 48 - Telas Detalhes Artigo, Avaliar Artigo e Comentários	107
Figura 49 - Telas da Ferramenta em Operação 3	108
Figura 50 - Acesso à Ferramenta	109
Figura 51 - Tela da Ferramenta em Operação 4	112
Figura 52 - Tela Editar Cadastro	130

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de Conversão de Unidade Quantificada para Unidade Comercial .....	72
Tabela 2 - Resíduos Classificados e Quantificados - Etapa 1 .....	74
Tabela 3 - Resíduos Levantados e Quantificados - Etapa 2 .....	75
Tabela 4 - Quantificação Total dos Resíduos (Mesclagem).....	77
Tabela 5 - Precificação dos Resíduos .....	78
Tabela 6 - Artigos Coletados .....	83
Tabela 7 - Bancos de Dados e Atributos .....	87

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduo de Construção Civil
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índice da Construção Civil

## SUMÁRIO

**AGRADECIMENTOS**

**RESUMO**

**ABSTRACT**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Objetivo Principal .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.1 Objetivos Específicos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Resíduos Sólidos .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2 Definição e classificação .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Origem.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1.1 Apropriação de índices de perdas .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1.1 Geração de RCC .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 Classificação .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3 Perdas com RCC.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4 Custos dos RCC .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.5 Plano de Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.5.1 Destinação dos RCCs .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.5.2 Custos com métodos de disposição dos RCC .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.6 Impactos Ambientais dos RCCs.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.7 Leis e Normas Técnicas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 Reaproveitamento dos Resíduos da Construção Civil .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1 Reutilização dos RCCs .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1.1 Reemprego na construção civil.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.1.2 Reciclagem de RCC em outros setores industriais .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.1.3 Estado da Arte: Reaproveitamento dos Resíduos.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.2 Logística reversa aplicada à construção civil.....</b>	<b>36</b>

2.3.3 Economia Circular na Construção Civil .....	37
2.3.3.1 Banco e Passaporte de Materiais.....	38
2.3.3.3 Economia Circular em novas edificações .....	39
2.3.3.4 Princípios da Economia Circular .....	40
2.3.4 Comércio de Resíduos .....	42
2.3.4.1 Lei 12.305.....	42
2.3.4.2 Estudos Científicos Atuais .....	43
2.3.4.3 Bolsa de Resíduos .....	44
2.3.4 Panorama Brasileiro sobre a Reciclagem de RCC .....	46
3 METODOLOGIA de Pesquisa.....	47
3.2 Fase 1: Revisão bibliográfica .....	48
3.3 Fase 2: Levantamento de trabalhos científicos .....	48
3.4 Fase 3: Determinação dos custos (método da caçamba) .....	49
3.4.1 Resíduos Classe A (CONAMA 307/2002).....	52
3.4.1.1 Restos de Concreto .....	52
3.4.1.2 Restos de Argamassa .....	53
3.4.1.3 Restos de Material Cerâmico.....	53
3.4.1.4 Solo.....	54
3.4.1.5 Restos de Agregado .....	54
3.4.2 Resíduos Classe B (CONAMA 307/2002) .....	54
3.4.2.1 Componentes Elétricos.....	54
3.4.2.2 Componentes Hidráulicos .....	55
3.4.2.3 Aço e Madeira .....	55
3.4.2.4 Embalagens e outros resíduos (vidro, papel, plástico etc.) .....	55
3.4.3 Resíduos Classe C e D. ....	55
3.5 Fase 4: Elaboração do banco de dados .....	56
3.6 Fase 5: Desenvolvimento da ferramenta .....	57
3.6.1 Catálogo de artigos .....	58
3.6.2 Plataforma de comércio .....	59
3.6.3 Interação entre Usuários, Artigos e Comércio.....	60
3.6.4 Painel de Usuário .....	61
3.7 Fase 6: Estudo e verificação da ferramenta .....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
4.1 Método da caçamba.....	63

<b>4.1.1 Classificação e quantificação dos resíduos .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.1.1 Etapa 1: Resultado Classificação Visual (Resíduos Maiores) .....</b>	<b>71</b>
<b>4.1.1.2 Etapa 2: Resultado Classificação Amostra 18 l (Resíduos Menores) .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1.2 Precificação dos resíduos .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1.2.1 Referências de Preço Adotadas .....</b>	<b>79</b>
<b>4.2 Levantamento de Artigos de Reciclagem de RCC (Banco de Dados).....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.1 Classificação de artigos sobre RCCs.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.2 Artigos de reciclagem de RCCs.....</b>	<b>82</b>
<b>4.3 Desenvolvimento da Ferramenta: ReConstruir.....</b>	<b>85</b>
<b>4.3.1 Usuário.....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.2 Plataforma de Comércio de Resíduos.....</b>	<b>94</b>
<b>4.3.2.1 Compra de Resíduos.....</b>	<b>95</b>
<b>4.3.2.1 Venda de Resíduos.....</b>	<b>98</b>
<b>4.3.3 Catálogo de Artigos Colaborativo (Aprenda à Reciclar).....</b>	<b>104</b>
<b>4.3.4 Outras Informações.....</b>	<b>109</b>
<b>4.4 Avaliação da Ferramenta: ReConstruir .....</b>	<b>110</b>
<b>4.4.1 Avaliação: Conceitos da Bolsa de Resíduos .....</b>	<b>110</b>
<b>4.4.2 Avaliação: Economia Circular .....</b>	<b>112</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>115</b>

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **APÊNDICE A**

## 1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, os contratados nas execuções são responsáveis pelas questões sanitárias e por se alocarem nos canteiros por prazos determinados, considerando métodos que prezam apenas pela retirada dos resíduos do local, desconsiderando qualquer impacto de suas ações a longo prazo. Mesmo aqueles que adotam medidas de conformidade do ambiente sanitário da construção e utilizam ações de reciclagem, recuperação e reutilização, não as seguem rigorosamente (SAPUAY, 2016).

Existem diversas técnicas de reemprego e reutilização de resíduos da construção, que contemplam os conceitos de economia circular, porém pouco estudo é voltado para as atividades de planejamento e de gerenciamento de obras que viabilizem a utilização destas. Acredita-se que a implementação da economia circular na construção civil é uma das principais vias para se combater o elevado consumo de matéria-prima e reduzir a alta contribuição do setor na geração de resíduos sólidos. Este conceito, parte do princípio de devolver ao resíduo o seu valor como material, e assim transportá-lo para o início da cadeia produtiva ainda como entulho.

A redução ou extinção do descarte de RCC é uma realidade possível de ser alcançada, porém a elaboração de projetos eficientes para novas construções que tenham em vista o ciclo de vida dos materiais do empreendimento, englobando desde a sua utilização à demolição, e priorizando as alternativas construtivas sustentáveis, serão necessários (BAPTISTA JUNIOR; ROMANOEL, 2013).

Atuando além de atividades de reciclagem e de logística reversa, a economia circular, por sua vez, impacta também na redução do consumo energético nos subsetores da construção, principalmente nos de produção de matéria-prima e naqueles que atuam na reciclagem de componentes da construção.

Estudos recentes voltados para a aplicação da economia circular na construção, concentram maiores esforços na indústria da demolição, criando bancos de materiais e atuando no conceito de passaporte de materiais, além da aplicação de alternativas de desconstrução que viabilizem estas atividades. Porém, conforme se observa em pesquisas recentes, o volume de resíduos obtidos em obras de novas edificações, tem representatividade equivalente àquele de demolições.

A proposta deste projeto é estudar e desenvolver uma ferramenta que auxilie na adoção de conceitos de economia circular em obras e aprimorar a tomada de decisões em relações a estes, a partir de suas características e possibilidades de reincorporação e

reutilização, viáveis e já estudadas. O estudo partirá da elaboração de uma metodologia de apropriação dos custos com materiais perdidos em forma de resíduo em uma caçamba, de uma obra nova no município de Arcos, Minas Gerais, de modo a quantificar o custo perdido e identificar os resíduos que respondem a maior parcela de perdas financeiras com materiais e necessitam de maior atenção na redução da geração, ou, quando impossível, na reutilização.

Partindo da premissa de que a geração de resíduos na construção civil nunca será zero, e para aqueles resíduos que a ferramenta venha a não apresentar grande influência, como embalagens e resíduos Classe B, será objetivo deste trabalho ainda, estudar adoção do comércio de resíduos. Na oportunidade, pretende-se estudar a viabilidade de aplicar este conceito na elaboração de um sistema de comércio de resíduos entre os diversos setores e pessoas inseridas na construção.

Acredita-se que a redução de custos com resíduos não corresponda apenas na redução dos gastos com tratamento e disposição, mas sim com a adoção de medidas que permitam mitigar a geração, ou quando impossível evitar, que deem outra destinação, que não as práticas amplamente utilizadas, como utilização de caçambas e descarte em aterros. Ademais, observa-se que a prática de comércio de resíduos, além da redução de impactos ambientais ocasionados pelo descarte incorreto, se traduz também em benefícios sociais, como a garantia e geração de empregos.

O projeto será finalizado com a avaliação e a determinação das especificações e limitações para uso da ferramenta. As atividades de validação concluirão a pesquisa, ao lado da identificação e da proposta de novos estudos relacionados ao tema, de modo a aperfeiçoar a metodologia desenvolvida e a garantir o progresso e a contribuição deste estudo.

## **1.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal deste trabalho é estudar e desenvolver uma ferramenta mobile de apoio ao gerenciamento de RCC, desenvolvendo uma metodologia de apropriação de custos com materiais perdidos como resíduos.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Para realizar o objetivo principal do presente trabalho, foram traçados os seguintes objetivos específicos:



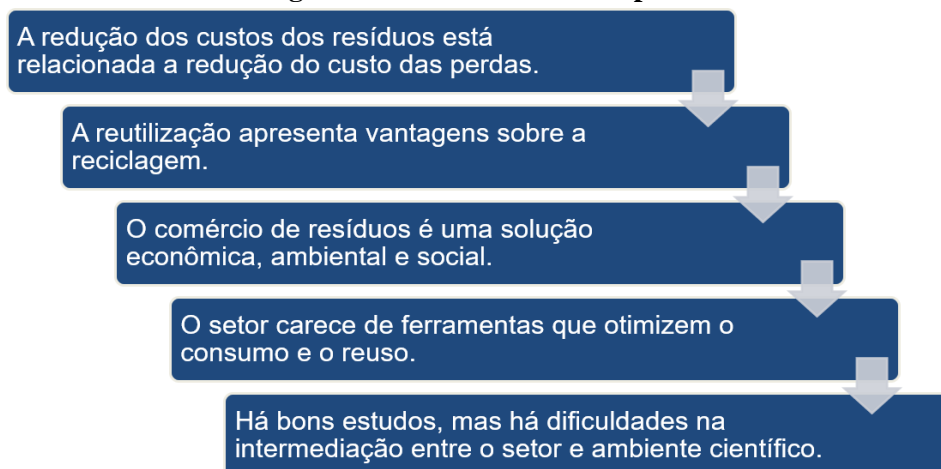
- Quantificar os custos com os materiais perdidos em uma obra nova, dispostos em uma caçamba estacionária;
- Pesquisar e selecionar trabalhos científicos sobre técnicas de reutilização e reciclagem dos resíduos levantados;
- Propor uma ferramenta mobile de gerenciamento e comércio de RCC, a partir das metodologias alcançadas.
- Dissertar e verificar a ferramenta quanto ao atendimento dos princípios da economia circular e dos conceitos do sistema integrado de bolsa de resíduos

## 1.2 Justificativa

A redução da emissão de resíduos é traduzida na redução dos impactos ambientais gerados pela disposição incorreta, e na redução de prejuízos financeiros advindos de perdas com a geração desses entulhos, e com os gastos destinados à disposição destes materiais. Para tal, medidas mitigadoras dos efeitos ocasionados pela emissão de resíduos de construção têm sido amplamente exploradas a fim de reduzir sua emissão ao meio ambiente.

É nítida a preocupação existente acerca da temática que busca otimizar o tratamento dos resíduos, contudo é pouco vislumbrado que a melhoria da eficiência no tratamento de resíduos implicará também em questões além dos “impactos ambientais causado pelos RCCs”, conforme pode ser observado na Figura 1, nos tópicos que justificam esta pesquisa.

**Figura 1 - Justificativa em Tópicos**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Algumas formas de reaproveitamento do entulho, tratando-o como matéria-prima ainda enquanto resíduo, conforme é orientado pela economia circular, vão além do que a simples reciclagem e algumas medidas de logística reversa atualmente apresentam.

Pesquisas voltadas para a aplicação da economia circular dentro da construção civil, visam o reaproveitamento do resíduo dentro da própria obra, utilizando-o como matéria-prima e reduzindo os gastos energéticos e financeiros com medidas semelhantes, como a reciclagem e a logística reversa. Cabe ressaltar que esta última se enquadra dentro do que é defendido pela economia circular, porém visa recuperar o resíduo para posterior utilização e não o reempregar como matéria-prima.

No Brasil, conceito semelhante ao que é proposto pela economia circular é utilizado na bolsa integrada de resíduos, que permite que os subprodutos de um setor sejam empregados como matéria-prima em outro, contudo os sistemas que implementam o conceito encontram-se pouco ou totalmente inoperantes.

Nos outros setores da indústria, a economia circular tem se mostrado como a principal forma de reduzir prejuízos com perdas de matéria-prima, e a consequente emissão de resíduos. Acredita-se que a sua implementação na construção civil, ainda que este processo esteja em estágio inicial de estudos, também pode ser justificada por essa premissa. Porém, a dificuldade da implantação dos conceitos de economia circular no setor, são consequência da falta de padronização dos métodos construtivos utilizados e da amplitude de diferenças entre duas obras semelhantes, mesmo que estas apresentem materiais e finalidades similares.

Observa-se ainda que a composição dos resíduos e a sua representatividade no custo total, são conhecimentos de pouca preocupação no gerenciamento de uma obra, tendo importância apenas as questões relacionadas ao transporte e descarte dos resíduos. Tal ocorrência dificulta o tratamento dos entulhos da construção com a economia circular, visto que índices e características apropriados na análise de resíduos de uma obra, tendem a não serem representativos em outras.

O desenvolvimento de uma ferramenta que permita auxiliar na adoção de conceitos de economia circular na construção, através da identificação daquilo que já foi estudado no ambiente científico e que apresenta grande aplicabilidade em obras, pode consistir em um passo inicial para a mudança do cenário dos resíduos no setor. É possível observar que há uma grande preocupação com o assunto em obras de demolição, uma vez que é possível identificar diversas pesquisas voltadas para planejamento da desconstrução (identificação dos resíduos e suas possibilidades de tratamento) através de ferramentas, o que não se reflete em igual teor em trabalhos e pesquisas sobre resíduos de obras de novos empreendimentos.

Por ser um dos setores que emprega um grande volume de diversas matérias-primas, é grande a demanda pela necessidade da utilização do planejamento e do gerenciamento de métodos construtivos que otimizem o emprego de recursos. Maior ainda é a demanda por métodos que reduzam a emissão ou que permitam o correto tratamento do grande volume de resíduos sólidos diariamente gerados no setor.

O estudo e o aprimoramento de ferramentas e metodologias passíveis de serem aplicadas em diversos tipos de obras, que possam contribuir não apenas com o ambiente científico e acadêmico, mas em igual teor com as dores do setor, e que certamente levará a ganhos tecnológicos, justificam a proposta deste trabalho.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Nesta revisão bibliográfica procura-se pontuar tópicos contextualizando problemas e necessidades da aplicação de técnicas eficazes no gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil. Serão apresentadas as principais ferramentas e técnicas atualmente utilizadas no gerenciamento dos RCC, com princípios baseados na apropriação de índices in loco, na reciclagem e na logística reversa, na aplicação da economia circular, e na utilização da bolsa integrada de resíduos com foco para aplicação na construção civil. Além destes, pretende-se com ela apresentar um panorama do cenário atual do tratamento de resíduos na construção civil e dos focos de trabalho em relação a este assunto, que vem sendo tomados nos ambientes acadêmico e científico.

### **2.1 Resíduos Sólidos**

Com o aumento da geração de resíduos sólidos nos ambientes industriais, se torna cada vez mais visível a necessidade de conhecer, classificar e alavancar as possibilidades de reaproveitamento destes materiais. Não tão distante, o setor da construção tem características de potenciais geradores de entulhos, mas que pouco concentra esforços nas atividades de recuperação e reaproveitamento, optando, muitas vezes, por práticas convencionais de disposição. À vista disso, conhecer, definir e classificar os resíduos sólidos, constitui etapa primordial para que qualquer atividade de reciclagem possa acontecer. Todavia, ressalta-se que antes do uso da reciclagem, faz-se mais importante a implementação de métodos e processos executivos que prezem pela redução da geração de resíduos.

#### **2.1.2 Definição e classificação**

Devido aos processos inovadores e o rápido desenvolvimento tecnológico, observa-se um aumento na quantidade de resíduos de bens de consumo, justificado por produtos que cada vez mais tem apresentado o seu ciclo de vida reduzido (DOMINGOS; BOEIRA, 2015). A grande maioria destes materiais de descarte, que também recebem a definição de entulhos, são tratados como resíduos sólidos, devido ao seu estado físico, e constituem o principal problema dos impactos ambientais atuais, causados pelas perdas e disposição dos materiais.

Um material sólido com valores econômicos negativos, que tornam o seu descarte mais barato do que o seu uso, pode ser a definição de resíduo sólido (PITCHEL, 2005).

Todavia, ressalta-se que medidas que prezam pela reciclagem dos entulhos, buscam destinar valor àquele material que hoje é tratado como lixo, ou seja, que apresenta baixo valor econômico, contradizendo a definição anterior e contrapondo as opções de descarte e disposição.

Por outro lado, a Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010 estabelece que os resíduos sólidos são todo e qualquer “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” (BRASIL, 2010). Observa-se que esta definição se dá em função do estado físico do material no momento da disposição, contrariando toda e qualquer definição que rebaixa o valor do material de descarte. Para mais, ressalta-se ainda que a lei fomenta o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados, conforme será explanado no tópico que segue.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos - com atribuições na lei anteriormente citada -, no que está definido em seu Art. 13º, os resíduos sólidos podem ser classificados quanto à sua origem e quanto à sua periculosidade. A origem diz respeito ao ambiente e ou a atividade laboral que precedeu a obtenção do resíduo, e a periculosidade classifica os entulhos em perigosos e não perigosos, de modo a segregar os materiais que mesmo ao final da sua vida útil ainda apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, daqueles que não apresentam qualquer perigo (BRASIL, 2010).

Já a ABNT, através da NBR 10004:2004 (Resíduos Sólidos – Classificação) classifica os resíduos sólidos em resíduos classe I (perigosos) e resíduos classe II (não perigosos), apresentando ainda uma subclassificação para esta última, permitindo a classificação em resíduos classe II A (não inertes) e resíduos II B (inertes). Os resíduos classe I são todos aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, e os resíduos classes II são aqueles que não se enquadram nas características da classe anterior. Ainda sobre os classe II, os da alínea A são aqueles que não se enquadram na classe I ou na classe II B, mas apresentam propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água. Já os de classe II B são aqueles que quando em contato com água não tem seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. Cabe ressaltar que os métodos de ensaios para determinação das classificações acima apresentadas, são contemplados no capítulo 5 da NBR.

A norma supracitada ainda define os resíduos sólidos como materiais de descarte em estado sólido e semissólido, provenientes de atividades industriais, domésticas, hospitalares,

comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição. Ela inclui ainda nessa definição os lodos de origem em sistemas de tratamento de água, que apresentam impossibilidade de lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água.

Em se tratando da construção civil, Córdoba et al. (2019) ressaltam que a caracterização dos resíduos de construção e demolição ainda é incipiente, mesmo sabendo que estes representam a maioria dos resíduos sólidos gerados nas cidades brasileiras. Deste modo, observa-se que pouco esforço é destinado a processos de definição, classificação e caracterização dos materiais de descarte em obras, dificultando a aplicação de medidas de reaproveitamento dos resíduos e enaltecendo o cenário de impactos ambientais, visto que quando não reciclados, estes entulhos têm sua destinação realizada muitas vezes de maneira irregular. Nos capítulos que seguem, a temática que tange a situação dos resíduos na construção e as classificações utilizadas no setor, será melhor elucidada.

### 2.1.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, institui diretrizes sobre a definição, a classificação, o tratamento e a destinação de resíduos sólidos, bem como sobre os critérios relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, observando as parcelas de responsabilidade e os instrumentos econômicos aplicáveis.

Segundo Bohana et al. (2016), as disposições da Lei reforçam e apoiam o desenvolvimento sustentável. Para os autores, é inevitável a geração de resíduos sólidos devido à cultura do consumo nas cidades e a qualidade de vida do cidadão é comprometida pelas alterações ambientais, físicas e biológicas causadas pela presença dos resíduos, principalmente em áreas empobrecidas.

Já Reis et al. (2018) citam que a homologação a Lei nº 12.305/2010 constitui um avanço considerável no Brasil, em relação às preocupações cada vez mais urgentes quanto a geração e a destinação dos resíduos sólidos. Os autores observam que com a Lei, passa a haver o compartilhamento entre os cidadãos, empresas, prefeituras e governos, da responsabilidade sobre os entulhos, visto que ela assume uma dimensão politicamente complexa ao integrar questões sociais e econômicas às questões ambientais.

A Lei supracitada em seu Art. 3º inciso XVII, observa a responsabilidade compartilhada pelos produtos e seus resíduos, conforme é apresentado a seguir:

XVII – responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos nos termos desta lei; (BRASIL, 2010).

Rosa (2019) pôde observar com sua pesquisa que grande parte dos municípios brasileiros descartam seus resíduos de forma inadequada em detrimento ao atendimento das questões de sustentabilidade. A autora observa que a Lei 12.305/2010 foi criada para que se evitasse o acúmulo de resíduos sólidos em locais inapropriados e áreas protegidas, e suas normas e princípios quando seguidos, podem evitar a degradação ambiental e possibilitar a geração de trabalho através da criação e organização de cooperativas de reciclagem.

Em observância à reciclagem dos entulhos, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no seu Art. 7º que trata dos objetivos desta Lei, estabelece no inciso XII a integração dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis em ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelos produtos e seus resíduos gerados, e contempla no inciso XIV o “incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético” (BRASIL, 2010).

Oliveira (2018) ressalta que a Lei procura melhorar a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, prevenindo a existência de disposições incorretas e as suas conseqüentes causas, com problemas ambientais e na saúde pública. O autor ainda observa que a partir dos objetivos da Lei, será percebido a necessidade de realizar técnicas de reciclagem e reuso, e diminuir, por conseqüência, a geração dos resíduos sólidos.

Olhando para a sua aplicação na construção civil, Sabino et al. (2015) observaram que os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos contemplam cópias de recomendações indicadas nas regulamentações sobre o destino e a disposição para os resíduos da construção, porém eles não apresentam o conteúdo mínimo que é indicado no Art. 9 da Lei. Os autores verificaram ainda que os municípios pesquisados por eles, desconhecem as quantidades de resíduos provenientes da construção civil, tratando apenas com estimativas, em desacordo com as recomendações do Art. 17 da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

## **2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**

O setor da construção civil é conhecido como a principal fonte de geração de resíduos sólidos. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012) estima que 55% do resíduo sólido urbano coletado nos municípios brasileiros em 2012, foram provenientes de construções e reformas. Já Arif et al. (2012) estimam que 40% dos resíduos sólidos urbanos gerados, advém de atividades da construção civil.

A geração de grandes quantidades de resíduos de diversas naturezas, se dá devido aos métodos construtivos de caráter artesanal que ainda são utilizados no setor, principalmente no sistema construtivo convencional nacionalmente empregado (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Miotto (2013<sup>1</sup> apud Silva et al., 2015, p. 41) salienta que a geração excessiva de resíduos na construção civil está relacionada a baixa qualidade da mão de obra, ao emprego de técnicas construtivas que não fazem uso da racionalização, a falhas nos transportes, ao excesso de produção, entre outros.

A Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, estabelece que os resíduos sólidos da construção civil deste setor, são aqueles gerados a partir de construções, reformas, reparos e demolições, incluindo os provenientes da preparação e escavação do terreno. Segundo Rodrigues et al. (2015), o tratamento destes subprodutos do setor estão condicionados na solução de algumas incógnitas, relacionadas aos tipos de resíduos gerados, a destinação destes, a minimização dos impactos produzidos e as formas de reaproveitamento destes materiais. Desta forma, entende-se que o gerenciamento da emissão e do tratamento destes, está sujeito a adaptação cultural de empresas do setor e de seus envolvidos, às metodologias que prezem pela otimização do uso de materiais e do manejo correto dos entulhos.

A resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, nº 307 de 5 de Julho de 2002, define que o gerenciamento de resíduos sólidos deve consistir em um conjunto de ações aplicadas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição, de acordo com o plano de gestão de resíduos adotado pelo município. O tratamento correto destes subprodutos depende do emprego de recursos financeiros e da utilização de mão de obra qualificada, o que para empresas é traduzido como a inviabilidade da adoção do gerenciamento. Já nas cidades, aspectos sociais, econômicos e ambientais, sofrem interferência devido à falta de gerenciamento dos entulhos das construções (BRASILEIRO; MATOS, 2015), sendo assim, observa-se que os efeitos da ausência deste processo não implicam apenas na própria obra, mas também nos resultados da gestão global.

---

<sup>1</sup> MIOTTO, J. L. **Princípios para o projeto e produção das construções sustentáveis**. Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD, 2013.



O consumo exorbitante de recursos naturais na construção civil é outro ponto que implica na temática de geração de resíduos sólidos, pois o setor abrange desde a extração de insumos até a construção propriamente dita (SILVA et al., 2015). Devido ao amplo volume de material empregado, estimar com precisão os resíduos gerados em projetos de construção é um fator crítico da implementação bem-sucedida do gerenciamento de resíduos. Contudo, modelos quantitativos podem ser empregados nessa atividade, conforme é proposto por Li et al. (2016).

Cabe ressaltar ainda que a simples triagem e classificação dos resíduos, como etapa predecessora para a destinação em aterros, não constitui uma completa ferramenta para o gerenciamento dos resíduos. Acredita-se que o estudo das propriedades dos resíduos gerados e a identificação de estratégias de redução dos seus índices, e conseqüentemente da sua emissão, constituem dados para a formulação de uma ferramenta que seja capaz de gerenciá-los ainda na etapa de planejamento de obra.

### 2.2.1 Origem

Azevedo et al. (2020) observam que os resíduos de construção e demolição podem ter origem em diferentes etapas do processo de construção, reforma e demolição e observa que normalmente são de alta heterogeneidade devido a diversidade dos materiais em sua constituição. O autor resalta ainda que a grande dificuldade no processo de separação desses constituintes, pode vir a inviabilizar esse processo.

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos em seu Art. 13 inciso I, que os classifica quanto à origem, dispõe que os resíduos da construção civil podem ser os gerados nas reformas, reparos, construções e demolições, incluindo os materiais restantes da preparação e escavação de terrenos.

Para Pinto e Gonzalez (2005) os RCCs são provenientes da construção da infraestrutura urbana, de responsabilidade do poder público, e da iniciativa privada na construção de novas edificações, nas ampliações, reformas e demolições. Os autores observam ainda que a partir do diagnóstico de alguns municípios brasileiros foi possível as seguintes parcelas de origem dos resíduos de construção e demolição:

- 59% - Reformas, ampliações e demolições, que no conjunto consistem na principal fonte;
- 21% - Edificações novas térreas ou de múltiplos pavimentos, com áreas de construção superiores a 300 m<sup>2</sup>;

- 20% - Residências novas de grande porte, formalizadas, autoconstruídas e informais.

Quanto à pesquisa supracitada, é possível observar que já se cumpriram 15 anos de sua realização, contudo ainda assim e na ausência de estudos semelhantes recentes, acredita-se que estes percentuais se mantiveram, uma vez que os métodos construtivos pouco evoluíram e técnicas que geram grandes desperdícios, ainda são utilizadas. Entretanto, olhando para pesquisas mais recentes é possível observar um grande número de pesquisas que abordam a caracterização destes materiais.

Silva et al. (2017) a partir de uma pesquisa realizada para avaliar a gestão de resíduos sólidos na construção civil em duas empresas do setor na cidade de Manaus - AM, puderam verificar diversos tipos de resíduos em função da sua origem, conforme é apresentado na Figura 2.

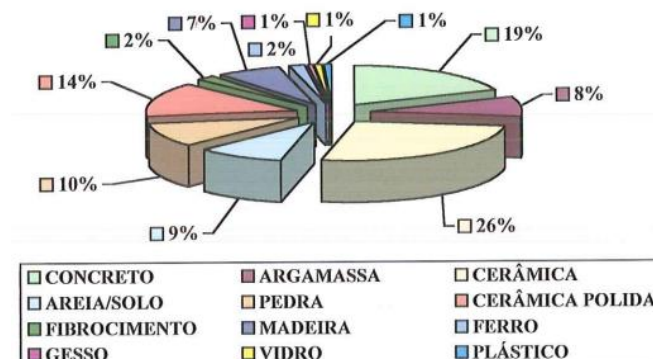
**Figura 2 - Fontes Geradoras de Resíduos**

Natureza da geração	Tipos de resíduos gerados
Escavações	Solo.
Demolição	Concreto, argamassas, tijolos, componentes cerâmicos e gesso.
Perdas por extravio	Tijolos e componentes cerâmicos.
Perdas por Desperdício	Concreto, argamassas e gesso.
Perdas por processamento em si	Tijolos, componentes cerâmicos, plástico, metais e madeira.
Pintura (Resíduos perigosos)	Tintas, seladores, vernizes, texturas, pincéis, broxas, trinchas, trapos, estopas e embalagens plásticas e de metal.

Fonte: Silva et al. (2017).

Sobre os materiais que representam a origem dos RCCs, Marques Neto (2003) a partir de uma caracterização qualitativa, realizou a quantificação da composição percentual dos resíduos de construção e demolição na cidade de São Carlos - SP, podendo observar os aspectos percentuais apresentados na Figura 3.

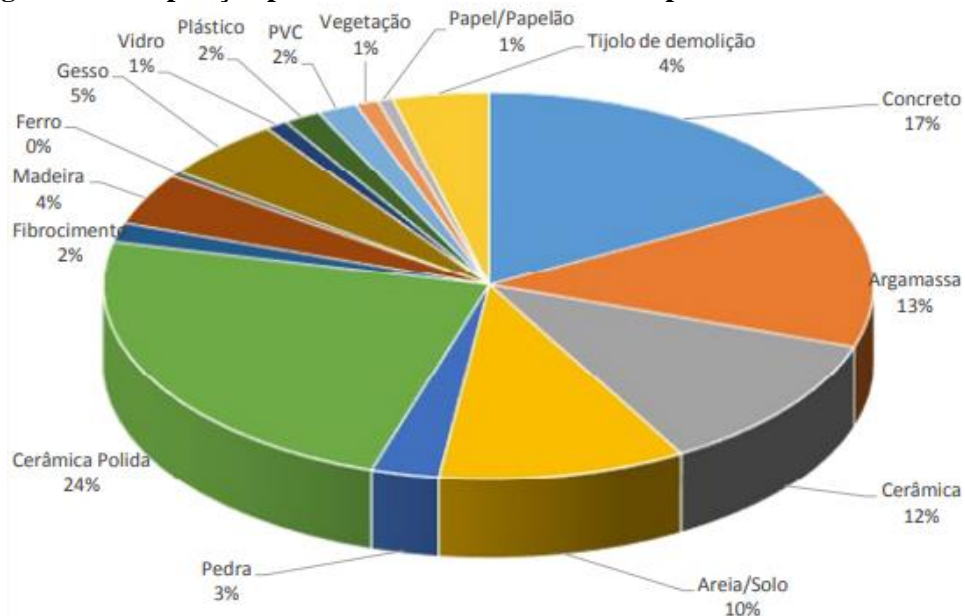
**Figura 3 - Composição percentual dos RCCs no município de São Carlos - SP**



Fonte: Marques Neto (2003)

Em um estudo mais recente, utilizando um método semelhante ao autor supracitado, Silva (2018) a partir do cálculo das massas dos materiais contidos em amostras obtidas em caçambas dispostas em usinas de reciclagem de resíduos, foi possível determinar a composição dos RCCs da cidade de Ribeirão Preto - SP, conforme é apresentado na Figura 4.

**Figura 4 - Composição percentual dos RCCs no município de Ribeirão Preto - SP.**



Fonte: Silva (2018)

Por outro lado, em uma pesquisa realizada a partir da análise do fluxo de geração de resíduos de 132 projetos de construção, Xu et al. (2020) observaram que obras novas produzem mais resíduos em fases iniciais, enquanto fundações produzem mais resíduos em fases posteriores, ressaltando que em 50% do progresso físico de várias obras, novos projetos haviam gerado 60% do seu total de resíduos, demolições 55% e fundações 42%. Ressalta-se porém que o estudo está relacionado com a velocidade de geração e não com o volume gerado.

Observa-se que tanto em estudos com datas mais antigas, quanto naqueles com datas mais recentes, conclusões semelhantes no que diz respeito a origem dos RCCs, são obtidas, tendo sua maior parcela representativa em obras de reformas, em detrimento às novas edificações, porém não na mesma velocidade que são gerados.

#### 2.2.1.1 Apropriação de índices de perdas

Estimar ou quantificar os resíduos ainda nas fases de planejamento ou durante a execução, consiste em uma das dificuldades do gerenciamento destes materiais. Acredita-se que essa estimativa deve partir de estudos referentes a apropriação de índices de perdas por entulhos, nas diversas etapas de uma edificação, compondo assim um histórico de perdas por resíduos nos processos de uma construtora, que sustentarão ações para minimização da geração de resíduos em obras futuras.

Souza (2005) constatou que apenas 30% da totalidade de perdas de uma obra, são referentes a parcela de resíduos. Para tal, o autor desenvolveu um estudo aplicando uma metodologia própria que verifica a quantidade de material utilizada, comparada àquela estritamente necessária, na execução de uma etapa, atividade ou serviço de uma obra. Com o estudo foi possível apropriar índices de perdas em relação a entulhos (resíduos), nas atividades analisadas. O autor concluiu que a partir desses índices verificados é possível criar um modelo representativo, capaz de estimar a quantidade de perdas em novos projetos de uma construtora, em que fosse aplicado a metodologia anteriormente comentada, em uma de suas obras já executadas.

Já Li et al. (2016), integrando o princípio de balanço de massa, estrutura analítica de projeto, quantificação de materiais a partir de projetos, taxas de conversão entre unidades de medição de resíduos e níveis de desperdício de diferentes materiais em vários serviços, foram capazes de propor um modelo que estima quantidades de vários tipos de resíduos a partir de um projeto de construção, rastreia a origem dos resíduos e auxilia a construtora na investigação de potenciais melhorias no gerenciamento de resíduos.

Por outro lado, Li e Zhang (2013) propuseram um sistema de estimativa de RCCs em aplicação web, que permite o processamento analítico dos entulhos com melhor exatidão na estimativa e uma análise multidimensional dos resíduos, através da quantificação dos diferentes tipos, utilizando uma aplicação que integra módulos de entrada de dados e analíticos, on-line. A proposta visa facilidade, conectividade e compartilhamento de informações em relação ao gerenciamento de resíduos.

Em uma revisão bibliográfica sobre a quantificação de resíduos de construção e demolição, Wu et al. (2014) observaram a existência de inúmeras metodologias utilizadas na quantificação de resíduo de construção e demolição (RCD) e puderam constatar que uma metodologia específica não pode preencher todos os cenários de quantificação de resíduos. Utilizando uma árvore de relevância, os autores propuseram uma ferramenta para auxiliar na escolha do método de quantificação mais apropriado em diferentes cenários. Tal alternativa

vai de encontro àquela que acredita ser uma das principais dificuldades do gerenciamento de RCC.

Lam et al. (2020) em sua pesquisa que propõe uma metodologia para estimar resíduos ainda em fase de projeto, observaram que atualmente há informações muito limitadas para entender a magnitude e a composição dos resíduos da construção civil e para preparar um plano de gerenciamento de resíduos apropriado para um projeto de instalações novas ou existentes. Deste modo, observa-se que o cenário atual é pouco propício para a utilização de técnicas que possam estimar com eficácia os RCCs, carecendo ainda de estudos que possibilitem alcançar este objetivo.

#### 2.2.1.1 Geração de RCC

Pinto et al. (2016) observaram que a estimativa de geração de RCC pode assumir métodos distintos para cada município e ressaltaram que admitir valores estimados a partir de simples multiplicações e coletas de dados, podem não representar as realidades distintas a tipos de obras e/ou a condições econômicas diferentes. O autor destaca ainda que a geração de RCC varia de acordo com a localidade e a matéria-prima disponível, os métodos construtivos, entre outros fatores que influenciam no tipo e no volume do resíduo, e reforça que todo método deve ser analisado com cuidado, visto as variações relativas a esses fatores.

Em um estudo comparativo entre métodos diretos, indiretos e um método de coleta de dados in loco, Marques Neto e Schalch (2010) afirmaram que o último representa melhor a geração de RCC, embora os autores tenham obtido resultados semelhantes. No trabalho em questão, os autores obtiveram uma geração de RCC média de 380,73 ton/dia e uma geração per capita de 1,93 kg/hab.dia, considerando a população da época da cidade objeto do estudo.

Cardoso et al. (2014) em um estudo realizado para analisar a viabilidade da implantação de usina de triagem e reciclagem no município de Criciúma - SC, obtiveram uma geração de RCC de 145,65 ton/dia, através de um método indireto. Ressalta-se que pelo método direto obtiveram um volume de 246 ton/dia e a implantação da usina considerando apenas o resultado obtido com o indireto, retornaria o investimento a partir do oitavo ano.

Paschoalin Filho et al. (2016) a partir de uma pesquisa para apresentar indicadores econômicos obtidos mediante o gerenciamento dos resíduos de construção durante as obras de um edifício localizado em São Paulo - SP, obtiveram uma taxa de geração equivalente a 0,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ou aproximadamente 126 kg/m<sup>2</sup>, em que uma obra comercial de aproximadamente 40.000 m<sup>2</sup> de área construída gerou 4.641,5 toneladas de RCC.

Em um estudo mais recente, Silva (2018) obteve uma geração média de resíduos da construção civil de 837,17 ton/dia com uma geração per capita de 1,24 kg/hab.dia, em uma pesquisa realizada no município de Ribeirão Preto - SP, com o objetivo de analisar e caracterizar a gestão dos RCCs da cidade.

Por outro lado, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, no que está descrito em seu Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019, observa-se em 2018 foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos em todo o Brasil, sendo que os RCDs representaram aproximadamente 56,37% deste total (ABRELPE, 2019). Todavia e na ausência de outros estudos, ao se comparar as taxas de geração observadas pela associação com os demais estudos supracitados, é possível observar uma baixa representativa destes panoramas nos cenários reais.

Observa-se que por mais que existam diferentes resultados quanto a geração e o percentual de reaproveitamento de RCD em distintos lugares do mundo, a academia, os políticos, os órgãos governamentais e a sociedade têm se preocupado com essa situação e vem buscando a redução da geração e o reaproveitamento dos entulhos, principalmente na indústria da construção civil (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

### 2.2.2 Classificação

Diversas bibliografias e estudos científicos classificam os resíduos da construção civil de acordo com a necessidade do seu estudo, seja pela origem, custo, material, entre outras classificações que permitem segregar os diversos materiais constituintes dos entulhos. Porém, cabe salientar que a principal classificação adotada por todos é a parametrizada pela Resolução 307 - Gestão dos Resíduos da Construção Civil - do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que com suas alterações e revisões, melhor representam o atual cenário dos resíduos das construções. Observa-se ainda que qualquer processo de classificação dos RCCs deve ser precedido de um processo de triagem eficiente, separando os diferentes tipos de materiais respeitando o que é estabelecido na resolução supracitada e nas demais legislações.

O CONAMA, através da resolução 307 de 5 de junho de 2002, em seu Art. 3º nos incisos de I a IV, com suas alterações nas resoluções 348 de 16 de agosto de 2004, 431 de 24 de maio de 2011 e 469 de 29 de julho de 2015, classifica os resíduos da construção civil, conforme o que é apresentado a seguir:

I - Classe A: resíduos passíveis de ser reaproveitados como agregados, tais como:

- Restos de construção, demolição, reformas, pavimentação e demais obras de infraestrutura, incluindo material de terraplanagem;
- Restos de componentes cerâmicos, argamassa e concreto;
- Restos de peças pré-moldadas em concreto, produzidas em canteiros.

II - Classe B: resíduos de plásticos, papel, papelão, vidros, madeiras, embalagens metálicas e gesso, que são recicláveis.

III - Classe C: resíduos que carecem de processos tecnológicos economicamente viáveis para a sua reciclagem.

IV - Classe D: resíduos perigosos ou que possam prejudicar a saúde, como tintas, solventes, óleos, restos de demolições ou reparos em clínicas radiológicas e instalações industriais, telhas e outros materiais com amiantos, dentre outros.

A ABNT NBR 10.004 (2004) não especifica uma classificação para os RCCs, mas podem ser enquadrados nos resíduos Classe II B, ou seja, não perigosos e inertes. Porém, Wu (2019) em sua pesquisa para estimar a composição de resíduos da construção civil, utilizando uma metodologia de urgência que pode ser realizada fora do local da obra, a fim de solucionar a problemática das obras em Hong Kong, concluiu que a composição dos resíduos inertes e não inertes, varia significativamente em diferentes estágios da construção. Logo, é possível verificar que a classificação apresentada pela norma é questionável.

Entretanto Sormunen e Kärki (2019) concluíram que a reutilização de resíduos de construção e demolição deve levar em consideração possíveis contaminações para evitar a propagação de substâncias nocivas. Deste modo, observa-se que classificações que levam em consideração a periculosidade e a atividade dos resíduos, são as mais pertinentes, pois com o descarte inadequado, haverá danos ambientais.

### 2.2.3 Perdas com RCC

Os resíduos da construção civil são constituídos pela parcela de perdas com recortes, quebras de materiais e escavações, além dos itens de embalagem, como embrulhos, latas, pallets, entre outros (NAGALLI, 2016). Silva et al. (2017) observaram que além das perdas relacionadas ao processo, conforme mencionado pelo autor anterior, há também as perdas relacionadas aos desperdícios.

Souza et al. (1998) ressaltam que ao se levantar as perdas físicas de uma obra, os números mostrados representam as perdas por entulho e incorporadas, não sendo totalmente evitáveis, e carecendo de uma melhor análise para definir a parcela que pode ser considerada

desperdício. Os autores observam ainda que as perdas por entulhos, embora não desprezíveis, não representam a maior parcela de perdas totais.

A partir da análise da rede de indicadores de perdas de determinados materiais aplicados em alguns serviços, obtidos em uma pesquisa nacional, Andrade et al. (2001) estimaram a parcela de entulho por unidade de serviço e a sua porcentagem em relação a perda global, conforme é apresentado na Figura 5. Observa-se que os materiais cerâmicos têm suas perdas representadas totalmente por entulhos, em contrapartida, materiais como o concreto usinado tem apenas 15% das suas perdas totais, representadas por entulhos.

**Figura 5 - Estimativa de Entulho**

1	2	3	4	5	6=4-5	7	8=6x7/100
Material	u.m. <sup>(1)</sup>	u.s. <sup>(2)</sup>	Consumo real <sup>(a)</sup> (u.m./u.s.)	Consumo referência (u.m./u.s.)	Perda global (u.m./u.s.)	Entulho (% em relação à perda global)	Entulho (u.m./u.s.)
Concreto usinado	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1,09	1	0,0900	15	0,014
Aço	Kg	Kg	1,11	1	0,1100	70	0,077
Blocos	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,13	1	0,13	100	0,130
Argamassa - Alvenaria	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	0,015	0,005 <sup>(b)</sup>	0,0010	16	0,002
Arg. Paredes e tetos	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	0,0213	0,02 <sup>(c)</sup>	0,0013	19	0,002
Arg. fachada	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	0,037	0,03 <sup>(c)</sup>	0,0020	18	0,001
Arg. contrapiso	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	0,031	0,02 <sup>(c)</sup>	0,0110	05	0,001
Placas cerâmicas fachada	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,13	1	0,13	100	0,130
Placas cerâmicas piso	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,19	1	0,19	100	0,190
Placas cerâmicas piso	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,13	1	0,13	100	0,130
Gesso - Paredes	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	0,0065	0,005 <sup>(d)</sup>	0,0015	50	0,001
Gesso – teto	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	0,0065	0,005 <sup>(d)</sup>	0,0015	50	0,001

(1) u.m. = unidade com que se mensura o material utilizado

(2) u.s. = unidade do serviço onde o material é utilizado

Fonte: Andrade et al. (2001).

Em um estudo realizado para quantificar e comparar os resíduos de construção em uma obra de habitação do sistema *Light Steel Framing* com uma de alvenaria convencional, Mass e Tavares (2017) concluíram que no primeiro sistema construtivo, 5,51 t de um total de 42,64 t de materiais adquiridos, se tornaram resíduos, e no segundo sistema, 35,84 t de um total de 114,23 t, vieram a virar entulho. Observa-se que mesmo ao utilizar um sistema ambientalmente sustentável, haverá ainda perdas com resíduos.

Já Kabririfar et al. (2020) estimaram que um total de 35% dos resíduos de construção de todo o mundo, são aterrados. Os autores reforçam ainda a importância de implementar um



sistema de gerenciamento de RCD que seja eficaz, de modo a prevenir o impacto ambiental causado por eles e a escassez das matérias-primas. Deste modo, observa-se que o cenário atual trata uma parcela dos RCCs como perdas inevitáveis e sem potencial de reutilização.

#### 2.2.4 Custos dos RCC

Como apresentado por alguns autores mencionados no tópico anterior, observa-se que poucos trabalhos se destinam a precificar as perdas de materiais exclusivamente por entulhos, principalmente nas pesquisas mais recentes, apresentando estimativas e custos apenas para as perdas globais. Deste modo, além dos custos com perdas de materiais por entulhos, se faz importante elucidar os demais custos que os resíduos trazem para obras, seja eles reciclados ou descartados.

Paiva e Ribeiro (2005), na execução de um muro de alvenaria onde se utilizou 956,12 kg de areia e 1674,0 kg de tijolos, que ao se substituir 735,0 kg do primeiro material e 151,2 kg do segundo, por materiais reciclados (entulhos), o custo por m<sup>2</sup> do muro reduziria de R\$287,73 para R\$142,64. Com uma economia de quase 50% do custo da obra ao se utilizar insumos reciclados, os autores ressaltam, porém, que os custos para implantação de um sistema de reciclagem de agregados e de tijolos (materiais em questão, que foram analisados) não foram computados. Toda via, os autores concluíram que após a análise, investir em tecnologias de reciclagem, trazem benefícios significativos para o meio ambiente.

Paschoalin Filho et al. (2015) ao analisarem a utilização de material granular na camada de base do contrapiso de uma obra de alteração que contava com uma etapa de demolição, concluíram que a utilização de material reciclado em contraponto ao material natural, geraria uma economia de até 2x o valor do agregado reciclado. No estudo, os autores ainda observaram que os custos para reciclagem dos resíduos de demolição gerados na própria obra, seriam menores que o valor destinado para descarte do material em aterros e posterior aquisição de material natural, e por apresentar volume próximo ao de material granular necessário à base do contrapiso, a aquisição deste material também seria economizada, conforme é apresentado na Figura 6. Observa-se que neste estudo os custos com transporte e tratamento do resíduo em uma usina de reciclagem, foram considerados.

**Figura 6 - Composição do custo total considerando-se material granular reciclado e transporte de resíduos de demolição para URE e aterro licenciado.**

Volume Total de transporte de resíduos (m <sup>3</sup> )	Volume Total de agregado necessário (m <sup>3</sup> )	Custo Total do Material Reciclado (R\$)	Custo de Transporte para usinas (R\$)	Custo Total (transporte para usinas+ aquisição de agregado reciclado) (R\$)	Custo de Transporte para aterros (R\$)	Custo Total (transporte para aterro+ aquisição de agregado natural) (R\$)
510	500	11.000,00	27.540,00	38.540,00	53.040,00	64.040,00

Fonte: Paschoalin Filho et al. (2015).

Em um estudo realizado para averiguar os custos com perdas de materiais por resíduos utilizando uma metodologia de apropriação indireta, através de custos e orçamentos dos insumos empregados, em duas obras na cidade de Ijuí, Rio Grande do Sul, Rosa e Vieira (2017) observaram que a obra A ao atingir 65% de sua execução, obteve um gasto total de R\$409.319,92 com os materiais analisados e deste montante, R\$46.409,66 representava o valor dos insumos que se tornaram resíduos. Já a obra B, ao atingir o estágio de 40% do seu progresso, fez um gasto de R\$136.619,95 com os insumos verificados e deste total, R\$22.354,67 representaram os materiais perdidos como resíduos. Os autores ressaltam ainda que até o instante dos progressos observados, os custos com caçamba para transporte do resíduo até a destinação final, foram de R\$2.600,00 e R\$800,00, para as obras A e B, respectivamente.

#### 2.2.5 Plano de Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil

O plano ou projeto de gerenciamento de resíduos consiste na principal ferramenta aplicável no tratamento dos entulhos de uma obra. A gestão dos RCDs (resíduos de construção e demolição) deve ser diferenciada do seu gerenciamento, pois a primeira trata do processo no âmbito global, envolvendo o desenvolvimento de leis e políticas públicas, e a segunda refere-se ao tratamento do entulho em si (controle, apropriação, destinação, etc.), conforme apresenta Nagalli (2014).

Em seu Art. 2º, inciso XI, a resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, nº 307 de 5 de Julho de 2002, estabelece que o gerenciamento de resíduos sólidos trata-se do conjunto de ações destinadas às etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação (disposição ou reciclagem) ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Segundo Silva et al. (2015), um plano de gerenciamento de RCC (resíduos da construção civil) deve ser implementado a partir da prévia caracterização dos resíduos

possíveis de serem gerados. A partir desta, as etapas de segregação (triagem dos resíduos entre as diferentes classes), acondicionamento (a fim de garantir a separação, bem como permitir o transporte do canteiro à destinação correta), transporte, tratamento e a destinação, devem constituir as demais etapas do plano e devem estar adequadas à legislação vigente.

Observa-se que o plano de gerenciamento trata o resíduo como um subproduto que sempre existirá e que deverá ser tratado ou receber a destinação correta. Não constitui seu objetivo principal a sua redução ou a implementação de alternativas de planejamento que revertam o quadro do alto volume de resíduos gerados, como a reutilização e o emprego dos materiais dentro da própria obra, porém algumas bibliografias tratam dessas atividades como etapas do plano.

Para Yuan et al. (2011) a geração de resíduos de construção e de demolição, sempre ocorrerá, sendo a meta de “resíduo zero” de característica inalcançável. Deste modo, Nagalli (2014) ressalta que as ações práticas e as pesquisas direcionadas a minimização da geração, é considerada a técnica mais eficiente sobre o assunto. Reduzindo a geração, os custos relativos ao gerenciamento dos RCCs também serão reduzidos.

Rodrigues et al. (2015) relataram ainda que a utilização de ferramentas da qualidade integrada ao plano de gerenciamento de RCC angariará melhorias como a minimização das perdas de material, contribuindo para a redução do impacto ambiental causado pela execução de uma obra e reduzindo ainda riscos relacionados a acidentes de trabalho. Nota-se que os mais novos estudos relacionados ao plano de gerenciamento de resíduos, tendem a propor ações para contribuir com a redução da emissão.

A reciclagem e a logística reversa consistem em algumas das atividades do plano de gerenciamento de resíduos na construção. Porém, Paschoalin Filho et al. (2017) puderam concluir que essas atividades ainda consistem em práticas pouco utilizadas, sendo o descarte dos RCCs em áreas licenciadas a principal atividade de gerenciamento adotada pelas empresas construtoras.

#### 2.2.5.1 Destinação dos RCCs

A resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, nº 307 de 5 de Julho de 2002, define que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental. Sobre a temática, em seu Art. 6º inciso IV, a resolução ainda proíbe a disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas. Portanto, no presente momento, entende-se por locais adequados e áreas

licenciadas para o recebimento de RCC, os aterros e a usinas de reciclagem, sendo importante ainda destacar os locais específicos de acordo com normas técnicas dos materiais que originam os resíduos Classe D.

Já a resolução CONAMA, nº 448 de 18 de janeiro de 2012, que visa alterar artigos da Resolução 307/2002 do mesmo conselho, destaca que aterros de resíduos classe A são áreas tecnicamente adequadas onde serão aplicadas técnicas de disposição dos resíduos no solo, assegurando o uso futuro seguro dos materiais e do solo, sem causar danos à saúde e ao meio ambiente. A resolução ainda destaca que áreas de transbordo e triagem são aquelas destinadas a receber RCC para separação, armazenamento temporário, transformação e posterior remoção.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, destaca que a destinação de resíduos ambientalmente adequada trata da distribuição ordenada de rejeitos em aterros, atendendo normativas pertinentes de modo a zelar pela saúde pública e a segurança, detendo impactos ambientais (BRASIL, 2010). Todavia, a lei ainda aloca este método em último lugar na ordem de prioridade da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, sendo precedido da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos entulhos.

Mourão et al. (2015) em um estudo realizado para diagnosticar a disposição dos RCCs na cidade de Montes Claros, Minas Gerais, puderam observar que apesar de existir mecanismos que assegurem o cumprimento das normas em relação aos resíduos, instrumentos de fiscalização também são necessários e não são suficientes para os objetos almejados. Contudo, os autores observaram que os resíduos são depositados de forma irregular em diferentes pontos da cidade. É de conhecimento comum que o resultado alcançado não é diferente dos outros municípios nacionais, mesmo que estes ainda contem com locais apropriados para disposição dos RCDs.

Sabino et al. (2015) averiguaram que apenas 6,1% dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios pesquisados no estado do Rio Grande do Sul, detalham com clareza a destinação que é dada para os entulhos da construção civil e não há caracterização quanto à destinação específica para cada classe. Ademais, os autores observam ainda que apenas 1% dos municípios analisados, dispõe corretamente seus resíduos, fazendo uso de aterros onde são dispostos um misto de materiais, e destacam que eles desconhecem, não tem controle ou não sabem a parcela do descarte proveniente da construção civil, trabalhando apenas com estimativas.

### 2.2.5.2 Custos com métodos de disposição dos RCC

Os resíduos da construção civil são custeados tanto pelo gerador quanto pelo sistema público. Por um lado, a indústria da construção tem custos com materiais perdidos, com a triagem, aluguel de caçambas ou transporte destes para o destino final, por outro, a gestão pública se responsabiliza pelos gastos com a destinação, quando não absorvem também os gastos com transporte (CARNEIRO et al. 2001<sup>2</sup> apud AZEVEDO et al. 2006).

Klein e Gonçalves-Dias (2017) observaram que no ano de 2010 o custo médio de uma caçamba em São Paulo era de R\$220,00, equivalentes a aproximadamente 40% do salário-mínimo vigente na época, o que representava alto custo para o gerador. Por outro ponto de vista, em 2012 a coleta, remoção, transporte, triagem e destinação de 532 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos, custou 50,8 milhões ao município de São Paulo (São Paulo, 2014<sup>3</sup> apud KLEIN e GONÇALVES-DIAS, 2017).

Pinto (1999) em seu estudo comparativo entre a gestão corretiva de resíduos e a gestão diferenciada, que traduz menores custos com aterramentos e benefícios com aquisição de agregados convencionais, observou uma economia de aproximadamente 41% nos custos com o tratamento de resíduos ao se utilizar o segundo método gestor em uma situação hipotética de um município com 414.188 habitantes.

Contudo, Azevedo (2006) destaca que os principais problemas dos RCCs são a sua disposição irregulares e a criação de pontos de lixo, no ponto de vista ambiental e estético, ao mesmo tempo que, olhando pelo lado financeiro, onera as administrações municipais, em que são obrigadas a se responsabilizarem pela remoção e descarte final.

### 2.2.6 Impactos Ambientais dos RCCs

Além dos danos ambientais causados pelo uso abusivo de matérias-primas e do descarte em locais inadequados, os resíduos causam também danos ao ambiente da obra e os seus arredores. Os custos de todos os impactos causados pelos resíduos mal gerenciados são absorvidos pelo responsável do empreendimento, pela administração pública e por todos

---

<sup>2</sup> CARNEIRO, A. P. et al. Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador-BA. **Anais do VIII ENTAC**. Salvador: ANTAC, v II p. 932. 2000.

<sup>3</sup> São Paulo (Município). Comitê Intersecretarial para a Política Municipal de Resíduos Sólidos. **Plano de Gestão integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo**. São Paulo, 2014.

indivíduos da sociedade, que custeiam esses prejuízos com impactos ao ambiente natural, por vezes incorrigíveis, e a violação da preservação da saúde e segurança pública.

Segundo o CONAMA, através da resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986, a definição de impacto ambiental se dá por “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas”.

Spadotto et al. (2011) observam que a construção civil é responsável por várias consequências ambientais, sociais e econômicas no local onde se instala, não sendo percebidas à primeira vista, mas observadas com um olhar mais crítico, como resultado da impermeabilização do terreno, impacto visual, poeira, barulho e a própria geração de resíduos.

Gasques et al. (2015) ressaltam que o setor consome cerca de 75% das matérias-primas e pode emitir até 1/3 dos gases do efeito estufa. Destacam ainda que a produção dos principais materiais utilizados na indústria da construção pode causar impactos ambientais como: a supressão da vegetação, a alteração de uso e ocupação do solo e de cursos d'água, a contaminação por óleos e graxas das máquinas em casos de vazamento, a contaminação por substâncias presentes no solo, além de poeira e resíduos.

Coelho e Brito (2012) ao avaliarem a influência da gestão de resíduos de construção e demolição no impacto ambiental, a partir de medições em edifícios reais e atividades de empreiteiros de demolição, estimaram que a separação de materiais e adoção da reciclagem ou reutilização dos entulhos, pode reduzir cerca de 77% dos impactos nas mudanças climáticas e 81% no impacto da poluição atmosférica.

Analisando por outra perspectiva, Pereira et al. (2017) avaliaram os impactos ambientais causados por uma unidade de reciclagem de resíduos da construção civil e puderam identificar 15 impactos na fase de instalação, sendo 13 negativos e 2 positivos, e outros 20 na fase de operação, destes, 5 positivos e 15 negativos. Os autores ressaltam, porém, que os impactos negativos são de pouca importância e que apenas a poluição sonora e o incômodo à vizinhança foram tratados como importantes, sendo estes, porém, contornáveis e de curta duração.

No mesmo enfoque, Marzouk e Azab (2014) no estudo realizado para avaliar o impacto ambiental da disposição de resíduos de construção, puderam constatar que a reciclagem dos entulhos leva a redução significativa de emissões, uso de energia, aquecimento global e conserva espaços em aterros. Observam ainda que os custos para mitigar os impactos do descarte é extremamente alto, perante os custos para adoção de medidas ou processos de reciclagem.

São inúmeros os impactos causados por um setor que ainda emprega metodologias construtivas arcaicas e resiste a adoção de novas práticas sustentáveis. De todo modo, observa-se que a adoção de medidas de controle e de correção que reduzam os danos causados pelos resíduos, gera menor impacto que os próprios entulhos.

### 2.2.7 Leis e Normas Técnicas

Ao se tratar dos resíduos na construção civil, o estudo das regulações e normalizações mais amplamente difundidas, perduram no que está disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída através da Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, amplamente discutida nos tópicos anteriores, e da Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações mais recentes.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), instituiu a resolução nº307 de 5 de julho de 2002, a partir da necessidade de implementar medidas que visam a redução dos impactos dos resíduos da construção, da degradação da qualidade ambiental ocasionada pela disposição inadequada dos entulhos, pelos resíduos sólidos representarem a parcela mais significativa dos resíduos sólidos urbanos, dentre outras causas que motivaram a sua decretação.

Nos 14 artigos presentes na resolução e seus respectivos incisos, excetuando aqueles que já foram ou serão elucidados ao longo deste texto, são estabelecidos prazos e responsabilidades dos que atuam diretamente com o material, diretrizes técnicas e procedimentos para a elaboração e adoção do plano de gerenciamento de resíduos da construção, além das definições e medidas a serem adotadas em relação à separação, reciclagem e destinação dos resíduos da construção.

Entre as normas brasileiras em vigor sobre a temática dos resíduos sólidos da construção, pode-se destacar as seguintes:

- ABNT NBR 10004:2004 - Resíduos sólidos - Classificação
- ABNT NBR 10007:2004 - Amostragem de resíduos sólidos

Considerando a preocupação crescente da sociedade em relação às questões ambientais e o desenvolvimento sustentável, revisa a ABNT NBR 10004:1987 de modo a classificar os resíduos sólidos urbanos de modo a fornecer subsídios para o seu gerenciamento (ABNT, 2004).

- ABNT NBR 15113:2004 - Resíduos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

- ABNT NBR 15112:2004 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- ABNT NBR 15114:2004 - Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- ABNT NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos.
- ABNT NBR 15116:2021 - Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios.

Observa-se que são poucas as normas com revisões recentes. Deste modo é possível vislumbrar um cenário científico que se mostra defasado no que diz respeito a recomendações técnicas sobre os RCCs.

## **2.3 Reaproveitamento dos Resíduos da Construção Civil**

A atividade mais comum para tratar os resíduos, que não o descarte e a destinação, é a reciclagem. Todavia, observa-se que processos de reciclagem que demandam a transformação da submatéria-prima em novos produtos, apresentam gasto energético e custo superiores aos processos de simples reutilização. Reciclagem, economia circular e logística reversa são práticas viáveis e vêm sendo empregadas na construção, de modo a contornar o cenário de grande consumo e alto descarte, que assola o setor. Ademais, na ausência da possibilidade de reuso dos entulhos, comercializá-los pode ser tão viável quanto a reciclagem.

### **2.3.1 Reutilização dos RCCs**

O reuso do material sem sua transformação parcial ou completa, ou sua reciclagem, facilitando sua remanufatura, permitindo sua aplicação na obra que o originou ou em outro local, e garantindo a redução na extração de matérias-primas e o volume de resíduos em aterros, pode ser a definição da reutilização de um material (RIBEIRO; MOURA; PIROTE, 2016).

Pesquisas voltadas para analisar a viabilidade do uso de resíduos de construção e demolição como matéria, mostram que a depender da natureza do resíduo, 50 a 95% dos resíduos gerados podem ser reempregados, apresentando benefícios econômicos, sustentáveis e sociais (RODRIGUEZ et al., 2015). Acredita-se que a implementação de técnicas voltadas



para a reutilização de RCC merecem maior atenção por apresentarem resultados além da redução de impactos ambientais.

Tessaro et al. (2012) concluíram a partir da classificação dos resíduos da construção civil e demolição da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, que 88% do total de resíduos gerados na cidade é composto por resíduos Classe A, apresentando alta possibilidade de serem reutilizados ou reciclados em forma de agregado. Os autores ainda observaram que 11% eram resíduos Classe B (papel, plástico, vidro e metal) com potencial de reciclagem na indústria e apenas 1% era composto por matéria orgânica, sem possibilidade de reciclagem.

Da mesma forma, Lima e Cabral (2013) obtiveram 93,40% de resíduos Classe A, 6,40% como Classe B, e 0,020% e 0,20%, para resíduos Classe C e Classe D, respectivamente, no estudo realizado para caracterizar os resíduos da cidade de Fortaleza, Ceará. Ainda foi observado pelos autores que após análises químicas de toxicidade e solubilidade, identificou-se que os RCCs Classe A estudados, não são tóxicos e não são inertes.

Conforme observado, dentre as infinitas possibilidades de reciclagem dos entulhos, as técnicas de reemprego na construção e reciclagem na indústria, tem sido as mais exploradas pelo ambiente científico. Uma vez que, e com base na resolução CONAMA N° 307/2002 e suas alterações, os resíduos da construção são classificados em sua maioria em Classe A e Classe B, evidenciando assim a sua potencialidade de reutilização.

#### 2.3.1.1 Reemprego na construção civil

Leite et al. (2007) observaram que a utilização de agregado reciclado em obras de pavimentação, além de reduzir os impactos ambientais gerados pelo seu descarte, principalmente quando este é de forma incorreta, pode, dentre outros benefícios, diminuir os custos da pavimentação, reduzir ou anular a expansão devido a entrada de água nas camadas compactadas, aumentar a resistência devido a possível presença de atividade pozolânica e reduzir o consumo de energia e a geração de CO<sub>2</sub>, na produção e transporte de materiais.

Por outro lado, Tavares e Kazmierczak (2016) observaram que a utilização de agregados reciclados para concretos permeáveis pode ocasionar resistência a compressão menor que quando utilizado os agregados naturais, porém ao utilizá-los em conjunto com fibras de vidro, a perda de resistência não acontece. Todavia, os autores observaram que as resistências obtidas são consideradas aceitáveis e os concretos com agregados reciclados apresentaram valores de coeficiente de permeabilidade mais elevados.

Sobre a utilização de agregado reciclado em concreto com função estrutural, Arkhtar e Sarmah (2018) recomendam o uso em teores de 30 a 50% de modo a atingir a resistência equivalente ao concreto com agregado natural e ressaltam que por serem de qualidade inferior, vários pesquisadores recomendam o uso de materiais cimentícios suplementares, como por exemplo, os pozolânicos.

Já Segantini e Wada (2010) concluíram que a utilização de RCD em até 100% da massa de solo na produção de tijolos solo-cimento, não apresentou qualquer prejuízo a qualidade final do produto, diminuindo a retração do material e reduzindo consumo de cimento, sem ocasionar perda de resistência.

Além destas possibilidades de reciclagem supracitadas, esta pesquisa visa levantar uma quantidade significativa de trabalhos que tratem da reutilização de resíduos da construção civil, dentro ou fora da obra, a partir da leitura sistemática destes materiais e de modo a catalogá-los e apresentá-los através da ferramenta objeto deste estudo.

#### 2.3.1.2 Reciclagem de RCC em outros setores industriais

Acredita-se que a parcela de resíduos Classe A que tem maior representatividade na construção civil, pode ser melhor utilizada dentro do próprio setor, contudo estudos evidenciam o seu uso dentro da própria indústria de materiais de construção ou da produção de outros bens.

Oliveira et al. (2016) concluíram que ao se utilizar resíduos de telhas cerâmicas na produção de blocos, benefícios como redução da absorção de água devido a um melhor fechamento dos poros e aumento da resistência em adições em massa com teor de 5% de resíduo, viabilizam o uso da técnica. A proposta vai de encontro com uma das grandes preocupações desta indústria que é a elevada geração de resíduos devido ao descarte de peças quebradas ou com defeitos, que não são reutilizadas.

Em sentido contrário, o uso de resíduos de outros setores da indústria, na construção civil, também vem sendo estudado. Khan et al. (2020) verificaram que a substituição do cimento utilizado em argamassas por teores de 10 a 40% com partículas de vidro inferiores a  $45\mu\text{m}$  melhorou significativamente as propriedades mecânicas e de durabilidade da argamassa e do concreto. Foi observado ainda que o uso de agregado fino de vidro com partículas menores que 1mm, pode ser utilizado como até 100% do agregado sem prejuízo à resistência e à durabilidade das massas cimentícias.

Nesse âmbito, cabe ressaltar ainda que os resíduos Classe B, classificados de acordo com a resolução CONAMA 307/2002 e que se apresentam em pequenas parcelas na construção civil, já são amplamente recuperados pelas próprias indústrias produtoras, através de ações de logística reversa ou pelas associações e cooperativas de catadores de recicláveis.

### 2.3.1.3 Estado da Arte: Reaproveitamento dos Resíduos

Observa-se que o ambiente científico atual tem voltado a atenção para medidas de controle e reciclagem dos RCCs, sobretudo com a adoção da Economia Circular e da Logística Reversa, bem como estudos sobre investigações sobre as medidas de controle e combate a geração e o descarte, adotadas nas diferentes jurisdições de todo o mundo. Contudo, no presente momento é possível observar a partir do que está sendo elucidado nesta pesquisa, que maiores esforços se concentram em pesquisas voltadas para a caracterização dos resíduos, além de trabalhos voltados para avaliação dos impactos das políticas que vem sendo adotadas em relação à destinação dos resíduos. Mesmo com as pesquisas ainda em estado incipiente, é possível observar alguns trabalhos que corroboram para descrever a situação do reaproveitamento dos resíduos.

Mália et al. (2011) observaram que a Dinamarca atingiu uma taxa reciclagem de RCD de 90% em 1997 e manteve-se até o seu objetivo, que era atingi-la no ano de 2004. Os autores justificam a eficiência do processo devido a dois fatores: elevada tributação (penalidades) às empresas que não reciclarem seus RCDs e obrigatoriedade de separação do resíduo na origem. Contudo, a pesquisa ainda mostrou que no ano em que foi realizada, países como Espanha e Portugal haviam atingido uma taxa de apenas 10% de reciclagem do resíduo gerado, tendo ambas suas legislações sobre o assunto sido publicadas no ano de 2008.

He e Yuan (2020) a partir de uma pesquisa para investigar o cenário de reciclagem de resíduos da construção, perante as percepções de qualidade dos consumidos, puderam comprovar que a depender da demanda, o mercado dos produtos recicláveis pode ser atraente tanto para empresas de materiais de construção e as empresas de reciclagem de resíduos, principalmente atuarem em conjunto. Porém, eles ainda observaram que há uma baixa percepção da qualidade destes produtos por parte dos consumidores, sejam eles fornecidos por ambas as indústrias.

As abordagens recentes sobre pesquisas relacionadas à logística reversa e à economia circular no âmbito dos resíduos da construção civil, serão elucidadas e aprofundadas na seção a seguir.

### 2.3.2 Logística reversa aplicada à construção civil

Klein e Gonçalves-Dias (2017) concluíram que descartes irregulares de RCC estão relacionados à variável de renda, limitando pequenos geradores a solicitarem caçambas para o descarte fácil destes materiais. Como alternativa para a problemática, os autores verificaram a disposição de pontos de entrega voluntários em lugares públicos, a exemplo de caçambas, para descarte adequado. Porém, observa-se que a reciclagem e a logística reversa vão além do que o descarte correto, em que colabora para a gestão sustentável da organização, possibilitando o reuso dos resíduos e diminuindo impactos ambientais, conforme é concluído por Ladeira et al. (2014).

A reciclagem dos RCCs pode ser entendida como uma forma de destinação, através do emprego de mais energia para que o resíduo volte a ser matéria-prima e conseqüentemente se torne um novo produto, ou na reutilização como material. Segundo Wang et al. (2015), a reutilização, a reciclagem ou a redução total, são formas de impedir ou reduzir a geração de resíduos tanto quanto for possível, e conseqüentemente reduzir o impacto dos RCDs no ambiente. Os autores ressaltam ainda que a aplicação de leis poderia facilitar a implementação da minimização de resíduos de forma eficaz. Dessa forma observa-se que a redução da emissão de RCCs deve ser um propósito da reciclagem.

A Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010 define as formas como o país deve dispor os seus resíduos, porém, ressalta que tais ações devem ser incentivadas pela reciclagem e sustentabilidade. Reciclar resíduos da construção civil reduz o volume de subprodutos que necessitam de disposição final, e nesse sentido, a maioria das políticas públicas de minimização dos RCDs permitem serem implantadas nas diversas etapas do processo construtivo (SCHNEIDER; PHILIPPI JR, 2004).

Tendo a construção civil como um ambiente propício para reciclagem de resíduos sólidos, Brasileiro e Matos (2015) ressaltam que dentre as várias possibilidades, a reciclagem de RCD pode ser aplicada dentro do setor para diversos fins, como por exemplo: matéria-prima para execução de estradas, na fabricação de argamassas e concretos, na fabricação de pré-moldados, etc. Os autores ressaltam que no Brasil a grande maioria dos RCDs não é reciclada. Relatam ainda que a reciclagem destes resíduos só será eficaz apenas quando for destinado os conhecimentos relacionados a diferentes especializações para o desenvolvimento de produtos que se tornem materiais construtivos alternativos.

Em um estudo realizado a partir de uma amostra representativa no município de São Paulo, Paschoalin Filho et al. (2017) constataram que apenas 22% das construtoras declaram ter algum tipo de iniciativa em relação à adoção de procedimentos de logística reversa ou de absorção dos RCCs, utilizando o reuso ou a reciclagem em canteiros de obras. Já Nunes et al. (2009) salientam que no Brasil, os gestores municipais podem aumentar a reutilização de RCD, implementando uma rede reversa desses materiais, tentando otimizar fluxos e atividades, bem como introduzir incentivos para que as vias de distribuição reversível se tornem viáveis.

Hosseini et al. (2015) relatam que a maioria dos construtores tratam a direção do fluxo de materiais na cadeia de suprimentos da construção de forma linear, quer dizer, tratando como materiais a partir da extração da matéria-prima, passando pelo seu consumo e por fim, no descarte. Tal visão não permite integrar o processo de reciclagem e a logística reversa, aos sistemas construtivos.

Nunes et al. (2009) acreditam que a logística reversa é a forma como é planejado, operado e controlado o fluxo dos produtos, após serem comercializados e consumidos, trazendo-os de volta ao processo produtivo, através de vias de distribuição reversa. A partir deste conceito, observa-se que a logística reversa é um processo que atravessa a simples barreira de apenas reutilizar os resíduos, e que envolve gasto energético conjunto entre fornecedores de componentes da construção e construtora, no desenvolvimento de ações relacionadas ao fluxo de materiais.

Por fim, Marcomendes e Cardoso (2005) ressaltam que “o desenvolvimento da logística reversa tem maiores possibilidades de sucesso quando a função das empresas fornecedoras, as quais atuam com a indústria e, portanto, estão expostas a menos variáveis e imprevistos do que a empresa construtora”. Os autores concluem ainda que empresas fornecedoras e construtoras são interdependentes na instauração do processo progressivo da logística reversa. Observa-se que a eficácia da logística reversa no âmbito da economia circular, apresenta maior aplicação na indústria fornecedora de materiais de construção.

### 2.3.3 Economia Circular na Construção Civil

Com grandes possibilidades para solucionar a problemática do descarte incorreto de resíduos na construção, Mahpour (2018) identificou 22 barreiras no ponto de visto técnico, comportamental e jurídico, que precisam ser vencidas para a adoção da economia circular no setor, dentre as quais destacam-se as consequências incertas da mudança para a economia

circular na gestão dos RCCs, falta de financiamento para implementar a economia circular na gestão de resíduos da construção, tendência de gerenciar custos e tempo, em vez de resíduos.

Barboza et al. (2019) observam, porém, que as discussões científicas sobre o tema no âmbito da construção civil ainda são muito recentes. Segundo os autores o primeiro artigo publicado dentro da base pesquisada, ocorreu no ano de 2014 e o maior volume de artigos publicados aconteceu nos anos de 2018 e 2019, com 16 artigos nos principais periódicos que tratam sobre a sustentabilidade ambiental do processo produtivo.

Por outro lado, a partir de uma revisão científica das pesquisas que vem sendo tomadas sobre a utilização da economia circular na construção civil, Hossain et al. (2020) concluíram que apesar dos estudos serem imprescindíveis para a viabilização dos benefícios da implementação das práticas no setor, casos específicos e suas reais implicações são raros. Os autores observaram também que o fim da vida útil nas construções ainda eram as preocupações prioritárias nos estudos existentes.

Contudo, Anastasiades et al. (2020) após uma revisão crítica da adoção do conceito de economia circular na construção de pontes, observaram que a sustentabilidade é o objetivo e a economia circular é o meio para esse fim. Os autores concluíram ainda que no discurso do conceito no setor, a microescala e a macroescala, foram exaustivamente pesquisadas e foram mapeadas, respectivamente, porém a mesoescala, que abrange boa parte das construções, ainda apresenta estudos limitados.

Observava-se que a implicação do tema no setor ainda abrange estudos iniciais, ao mesmo tempo que o reconhecimento pelo mercado ainda é pouco realizado. De toda forma acredita-se que as pesquisas têm sido crescentes e que a preocupação com o atual cenário dos resíduos na construção, é uma realidade tangível e que novas pesquisas terão muito a agregar na transformação dessa realidade.

#### 2.3.3.1 Banco e Passaporte de Materiais

Ao final do ciclo de vida dos materiais de construção, a maior parcela é transformada em entulhos, indo em contrapartida à sustentabilidade e reduzindo os recursos primários. Como solução para esse imbróglio, observa-se que o passaporte de materiais funciona como uma ferramenta de otimização de projeto, bem como um banco de dados contendo todos os materiais incorporados em um edifício, abrangendo também os seus respectivos potenciais de reciclagem e impactos ambientais (HONIC et al., 2019). Cabe ressaltar ainda, que na pesquisa realizada pelo autor anteriormente referenciado, é observado que a ferramenta pode melhorar

a reciclabilidade de novas edificações, que normalmente apresentam resíduos com menor potencial de reciclagem.

Em um segundo estudo, Honic et al. (2019) observaram que para permitir a circularidade e a alta taxa de reciclagem, é necessário o conhecimento do material de construção incorporado, necessitando de uma ferramenta específica para esse processamento. Em sua pesquisa os autores estudaram a geração de uma modelagem BIM que permite a avaliação dos impactos ambientais e da reciclabilidade de cada material, porém observaram que essa metodologia é confrontada com vários desafios.

Na construção civil, maiores esforços estão destinados ao estudo da aplicação do conceito na recuperação de materiais ao final da vida útil da edificação, ou seja, na desconstrução de edifícios para posterior reaproveitamento dos componentes, conforme é proposto por Akanbi et al. (2018). Através do seu estudo, semelhante aos pesquisadores supra referenciados, os autores, utilizando uma ferramenta BIM, propuseram um modelo para avaliar o desempenho de componentes estruturais de edifícios, desde a fase de projeto, para serem “salvos”, ou seja, recuperados para a reutilização ao final da vida útil do edifício. O estudo concluiu que edifícios com estruturas de aço, conexões desmontáveis e conjuntos pré-fabricados, apresentam materiais recuperáveis que na maioria das vezes são reutilizáveis.

Observa-se que a temática ainda não apresenta estudos no ambiente nacional. Nesta revisão, houve uma preocupação em tratar das pesquisas com vistas a sua aplicação no país de origem deste trabalho, porém a técnica vislumbrada ainda é pouco difundida até mesmo em outros países, carecendo de mais estudos, mas apresentando resultados pertinentes.

#### 2.3.3.3 Economia Circular em novas edificações

Segundo Stahel (2016), “uma economia circular transforma bens que estão no final de sua vida útil em recursos para outros”. Nesse sentido, entende-se como a economia de energia e a economia de recursos, através da otimização do uso de materiais e componentes da construção. Optando por metodologias de trabalho que prezem pela reintegração dos resíduos na cadeia produtiva, tem-se economia significativa na aquisição de novos materiais e no gasto energético com tratamentos por reciclagem e disposição em aterros, além, é claro, da redução da emissão de resíduos e do impacto ambiental gerado por eles. O assunto é fortemente tratado em obras de demolições, porém encontra-se em etapa inicial de estudo no que se refere a torná-lo uma alternativa de planejamento em novas obras.

Kibert (2008<sup>4</sup> apud Akanbi et al., 2018, p. 175), ressalta que mundialmente 50% de todo o lixo gerado na construção civil é proveniente de atividades de fim de vida, ou seja, de demolição, logo, verifica-se que boa parcela de resíduos do setor é proveniente de obras de novas edificações. Tal observação permite viabilizar maiores oportunidades para a aplicação dos conceitos de economia circular em resíduos de materiais que ainda estão no início do seu ciclo de vida, ao se comparar com os entulhos de demolições, que já cumpriram com seu período de utilização e necessitam de maiores esforços para que o conceito seja aplicado.

Bocken et al. (2016) concluíram que a utilização da economia circular com loops traduz o sentido de estender o período de utilização dos produtos, enquanto economia circular com loops fechados, visa o encerramento do ciclo entre o pós-uso e a produção, ou seja, reciclagem. Acredita-se que a reutilização de materiais considerados entulhos, aproveitando suas propriedades e características em seu estado de “resíduo”, constitui melhor significado para a economia circular do que a simples reciclagem.

Já Leising et al. (2018) desenvolveram um estudo observando a aplicação do conceito de economia circular em três fases de um edifício na construção civil: um prédio novo, uma reforma e um projeto de demolição. Como conclusão para o estudo, foi possível observar que no setor, a economia circular requer novos tipos de colaboração na cadeia de suprimentos.

Por fim, a partir de uma revisão geral sobre o assunto, Adams et al. (2017) relatam que a aplicação do conceito na construção civil ainda está na sua “infância”, sendo limitadamente tratado como a minimização e reciclagem de resíduos. Com sua pesquisa, concluíram que a indústria, os clientes, projetistas e subcontratados são os menos informados sobre o assunto, sendo esse um desafio chave para uma maior implementação, além da ausência de incentivos para a adoção do conceito.

#### 2.3.3.4 Princípios da Economia Circular

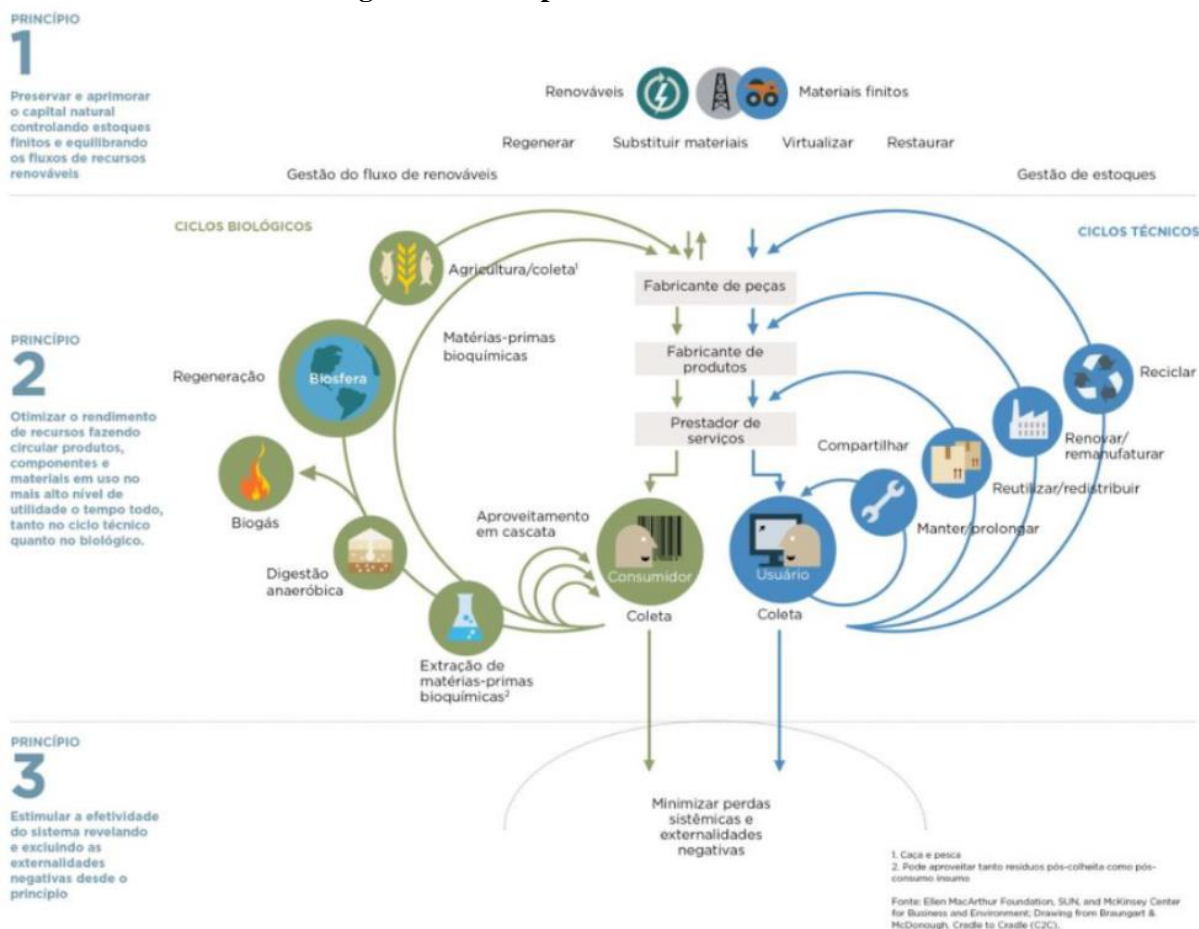
Ao se tratar do conceito de economia circular, mesmo de forma específica para a construção, é preciso observar os princípios a que ela se norteia. Conforme é observado segundo a Ellen MacArthur Foundation (2021), a economia circular se baseia em 3 princípios básicos: eliminar resíduos e poluição desde o princípio, manter produtos e materiais em uso e regenerar sistemas naturais. Na figura 7 é possível observar o diagrama sistêmico proposto pela fundação, que identifica as áreas de atuação de cada princípios.

---

<sup>4</sup> KILBERT, C. J. **Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery**. John Wiley & Sons, 2008.



**Figura 7 - Princípios da Economia Circular**



Fonte: Ellen MacArthur Foundation Brasil (2019).

A partir destes 3 princípios, é possível observar que a construção civil deve atuar cada vez mais no que tange otimizar o rendimento dos recursos, fazendo circular produtos, uma vez que ela é um dos maiores consumidores de matéria-prima, dentro dos diversos seguimentos industriais. Observando a Figura 7, acredita-se que há grande potencial de circularidade nos materiais de construção civil, principalmente no ciclo técnico, visto que são poucos os resíduos da construção civil que são descartados em fase de decomposição, ou seja, ao final da sua vida útil, podendo assim ser facilmente reciclado.

Oliveira et al. (2018) diante de um estudo voltado para analisar os princípios da economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais, observa que se tornam cada vez mais necessários modelos de produção voltados aos princípios da sustentabilidade. Infelizmente, na produção da construção civil qualquer ideologia de sustentabilidade tem recebido pouco esforço.

Por outro lado, segundo o autor Lyle em um dos relatórios da Ellen MacArthur Foundation (2013), todos os sistemas podem gerar ou renovar os materiais que eles

consomem, ou seja, apresentam capacidade técnicas para atuar com o reuso de seus materiais. Deste modo, é possível observar que mediante os princípios da economia circular, não há nenhum órgão mais preparado para tratar da problemática dos resíduos da construção civil, se não a própria construção civil.

Por fim, olhando ainda para a figura 7, no que tange a minimização das perdas e principalmente a exclusão das externalidades negativas, se não é possível reutilizar o resíduo, acredita-se que este deva ter seu uso evidenciado em outro local. Deste modo, adotar alternativas de comércio com viés no aproveitamento dos materiais por outros interessados, é também uma forma de atender os princípios da economia circular, uma vez que o resíduo não será descartado e sim reutilizado. Deste modo, a seguir, o comércio dos RCCs será melhor abordado.

#### 2.3.4 Comércio de Resíduos

Reduzir a geração e reutilizar, são as principais medidas para tratar os resíduos diante das alternativas de descarte e destinação em aterros. Porém, para os entulhos com geração inevitável e que não apresentam potencial de reutilização ou reciclagem dentro da própria obra ou do próprio setor, comercializá-los pode constituir uma via de apoio à sustentabilidade e na redução de custos. A PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) trata indiretamente da comercialização dos entulhos, seja pelo incentivo aos catadores ou pelo amparo à bolsa de resíduos, bem como novas pesquisas vem sendo realizadas como apoio a essa solução da problemática dos resíduos.

##### 2.3.4.1 Lei 12.305

A lei supracitada não trata diretamente do comércio de resíduos como medida no combate aos impactos causados pela geração e descarte inadequado dos resíduos sólidos, porém em vários pontos do texto, destaca e reforça a importância dos catadores que fazem deste a sua fonte de renda.

A PNRS instituída através da Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, estabelece que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Para tanto, a imposição de medidas que prezem pela comercialização dos entulhos para serem utilizados como matéria-

prima em outros processos fabris, se faz mais importante do que a utilização da reciclagem, que demandará mais energia para a transformação do resíduo.

Em seu Capítulo II, Art. 6º inciso V, a lei estabelece como seu princípio a ecoeficiência, mediante ao fornecimento de bens que satisfaçam as necessidades humanas, prezando pela redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível mínimo, ao mesmo tempo que institui como instrumento em seu Capítulo III, Art. ° inciso IV o incentivo na formação de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2010). A partir da lei, é possível interpretar o apoio as ações que possibilitem o uso de matérias-primas recicladas, incentivando a geração de renda.

Campos (2012) destaca a qualidade do texto da PNRS e ressalta que com a prioridade dada à redução na geração de resíduos, deve haver reflexões positivas sobre como reduzir mantendo os processos produtivos, uma vez que a gestão sustentável implica consequentemente na geração. Tendo em vista que a construção ainda agrega processos com geração inevitável de resíduos, estudar alternativas, como o comércio de entulhos, pode ter representatividade significativa na busca por alternativas viáveis em contrapartida à disposição final.

#### 2.3.4.2 Estudos Científicos Atuais

Comercializar resíduos da construção civil, que hoje são mal colocados em função da sua possibilidade de utilização, é uma maneira inovadora de reutilizar e reciclar materiais, a fim de obter uma produção mais limpa no setor da construção, podendo apresentar vantagens tanto para a demanda, quanto para a oferta. Ao comparar os resíduos da construção com o setor elétrico, onde redes inteligentes armazenam energia vinda da geração de pequenos produtos e a distribui aos usuários em função da demanda, é possível observar pontos em comum entre eles, como produção, mercado, transmissão, distribuição e consumo, que contribuem para a aplicação da técnica no comércio de materiais de construção (LU et al., 2020).

Em nível mundial, a construção é responsável por mais de 30% da extração de recursos naturais e representa 25% da geração de resíduos, ao adotar o modelo econômico linear de extrair, fabricar e descartar. Porém, observa-se que nas últimas décadas vem ocorrendo uma mudança de paradigma no setor, com a adoção de um modelo que visa reter o máximo valor do material e o manter em um ciclo fechado (BENACHIO et al., 2020).

Acredita-se que identificar o valor do insumo enquanto resíduo, é um o passo primordial para a implementação de medidas que permitam a comercialização destes materiais.

A partir da combinação de estudos de casos, visitas ao local e entrevistas, Bao et al. (2020) identificaram uma janela estreita de oportunidades para comercializar produtos recicláveis da construção e negócios vulneráveis, como duas das cinco principais barreiras na implementação da reciclagem de RCC em Hong Kong na China. Por outro lado, em sua pesquisa os autores ainda puderam observar como medida facilitadora da implantação, o estabelecimento de uma plataforma de compartilhamento de informações de suprimento e demanda. Cabe ressaltar que no Brasil a bolsa de resíduos disponibiliza uma plataforma voltada para ofertas e demandas de resíduos da indústria, porém é pouco difundida no setor da construção e apresenta atividade estagnada em outros setores da indústria,.

#### 2.3.4.3 Bolsa de Resíduos

Como incentivo para a recuperação de resíduos, através da comercialização entre os diversos setores da indústria, a bolsa de resíduos é um meio para incentivar o descarte correto. O programa que se trata de um canal eletrônico que permite o comércio de resíduos entre diversos setores, foi implementado pelas federações da indústria de cada estado no ambiente nacional e atualmente apresenta sistemas inoperantes, mesmo que a prática de comercialização de resíduos seja abundantemente explorada

É possível observar que a bolsa de resíduos se trata de website que permitem fazer anúncios de compra, venda, troca ou doação de resíduos, permitindo a comercialização destes materiais entre vendedores e compradores. Acredita-se que a ideia seja válida e o sistema, seja simples, contudo é possível observar algumas dificuldades enfrentadas na sua adoção.

A bolsa de resíduos consiste em uma das medidas indiretas para a aplicação do que regulamenta a PNRS, conforme previsto pela Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Aplicando o conceito de economia circular, o sistema integrado de bolsa de resíduos utilizado no Brasil, visa converter resíduos em matéria prima, no ensejo de gerar oportunidades de empregos e negócios para a indústria. O conceito básico do sistema é estabelecer a integração entre diferentes setores da indústria a fim de permitir que materiais considerados subprodutos e sem fim de utilização em determinados segmentos, possam ser reaproveitados como matéria-prima em outros.

Segundo Santolin (2014), a bolsa de resíduos consiste em um “aliado para aumentar os percentuais de produtos reutilizados e reciclados”, garantindo a aproximação entre os

geradores e emissores de resíduos e os interessados em reutilizar. O autor ainda observa que o conceito é uma importante ferramenta de gerenciamento de resíduos, porém pouco utilizado, pois algumas dificuldades no sistema de gestão de bolsas dificultam a difusão da sua aplicação.

Soares (2021) ao comparar a bolsa de resíduos nacional com o sistema adotado na Alemanha, pode concluir que a efetividade de uso no outro país é 6,8 vezes maior do que aqui no Brasil, além de concluir que há muitos usuários cadastrados na bolsa nacional, porém a quantidade de novos anúncios inseridos é muito inferior. A autora ainda pode perceber ao pesquisar 34 empresas nacionais, que 81% apresentam dificuldade para encontrar destinação viável para seus resíduos, mas não utilizam ou conhecem a bolsa de resíduos.

Silva e Pasqualetto (2008) ao pesquisar as empresas do estado brasileiro de Goiás puderam observar a baixa eficiência da ferramenta disponível a partir da percepção dos seus usuários. Os autores observaram ainda que o resultado negativo se deu devido a quatro problemas principais: dificuldade na interatividade entre as empresas e o software, baixa divulgação do programa, detalhamento ineficiente do ripo de resíduos em oferta e baixo nível de gerenciamento do programa.

Por outro lado, Guarieiro e do Carmo (2015) em uma pesquisa realizada ao avaliar empresas que fazem o uso da bolsa no estado brasileiro do Rio de Janeiro, concluíram que a ferramenta funciona de forma clara no que diz respeito a destinação de resíduos, permitindo a negociação e obtenção de lucro, mas apresenta falhas passíveis de correção como a melhoria na divulgação e frequente atualização de dados.

Mesmo ao encontrar dificuldades e com a ascensão da tecnologia, acredita-se que na construção civil o conceito pode ser empregado não apenas para a interação entre o setor e outros segmentos da indústria, mas também como ferramenta para permitir a comercialização de resíduos entre empresas e entre profissionais, ou entre o conjunto, do próprio setor. Essa observação visa ressaltar a maior facilidade de reemprego dos materiais ao fim de sua vida útil em novas oportunidades dentro da indústria da construção civil, conforme pode ser observado na literatura referenciada, em que estudos voltados para o emprego de RCC como matéria-prima para a constituição de novos materiais em canteiros, estão sendo amplamente realizados. Porém, para que isso se confirme, novas ferramentas voltadas para esse fim precisam ser estudadas e experimentadas, a fim de solucionar a problemática observada por Santolin (2014).

### 2.3.4 Panorama Brasileiro sobre a Reciclagem de RCC

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, através do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018-2019, estima que em 2018 foram recolhidas 122.012 toneladas de resíduos da construção, por dia, sendo a região sudeste responsável pela maior parcela da geração, com 64.063 toneladas por dia. A associação ainda estima que apenas 92% do total de resíduos sólidos urbanos gerados, foram coletados e que deste total 40,5% foram descartados de maneira incorreta, em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2019). Contudo, cabe ressaltar, porém, que os resíduos sólidos urbanos englobam uma parcela de resíduos inservíveis, sem possibilidade de reciclagem ou reutilização.

Por outro lado, a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da construção Civil e Demolição, em seu Relatório de Pesquisa Setorial 2014/2015, estima como ponto positivo, que nos últimos 5 anos, a contar até a data do relatório, houve um percentual de reciclagem de resíduos da construção e demolição de 21% (ABRECON, 2015). Ao se comparar os dados deste relatório com os dados do anterior, observa-se que a parcela de resíduos reciclados ainda é pequena, tendo em vista o potencial de reciclagem destes entulhos, que como visto anteriormente, são compostos por uma parcela baixa de materiais orgânicos, inservíveis ou não recicláveis.

A ABRECON (2015) ressalta ainda que 83% das usinas avaliadas pertencem à iniciativa privada, com apenas 10% pertencendo a gestão pública e 7% de características público-privadas. A associação ainda observa a falta de incentivo do setor público, principalmente na fiscalização e na tributação de atividades voltadas para a reciclagem dos RCDs, apontando este como ponto negativo observado em seu relatório.

Segundo Calvo et al. (2014) a taxa média de reciclagem de resíduos da construção nos países da União Europeia era de 46% no ano do estudo, considerada muito abaixo da meta de 70% para o ano de 2020, definida pela União Europeia em 2008. Por outro lado, Sáez e Osmani (2019) concluíram, em um estudo realizado para diagnosticar as práticas de geração e recuperação de resíduos de construção e demolição na União Europeia, que ainda em 2019 a meta já havia sido alcançada pela Europa como um todo, porém 11 estados membros ainda precisam melhorar seu desempenho de recuperação para atingi-la. Com base nos relatórios supracitados, observa-se que o potencial de recuperação de resíduos no ambiente nacional ainda está aquém das melhores referências no cenário mundial.

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

No desenvolvimento desta pesquisa, será desenvolvida uma proposta de ferramenta destinada ao gerenciamento de resíduos da construção, tendo como princípio a adoção de conceitos de economia circular, que prezem pela reutilização dos resíduos, através de práticas de reciclagem e do comércio de resíduos. A ferramenta seguirá as recomendações e disposições instituídas na resolução CONAMA 307/2002 e na PNRS, disposta na Lei 12.305/2010.

Para o desenvolvimento da ferramenta, no primeiro momento, será proposta e executada uma metodologia que permitirá aferir e quantificar os custos com material perdido, dos resíduos dispostos em uma caçamba de uma obra nova, no município de Arcos, Minas Gerais. As parcelas de custos identificadas serão base primordial para o desenvolvimento da ferramenta que priorizará os resíduos com custos mais representativos.

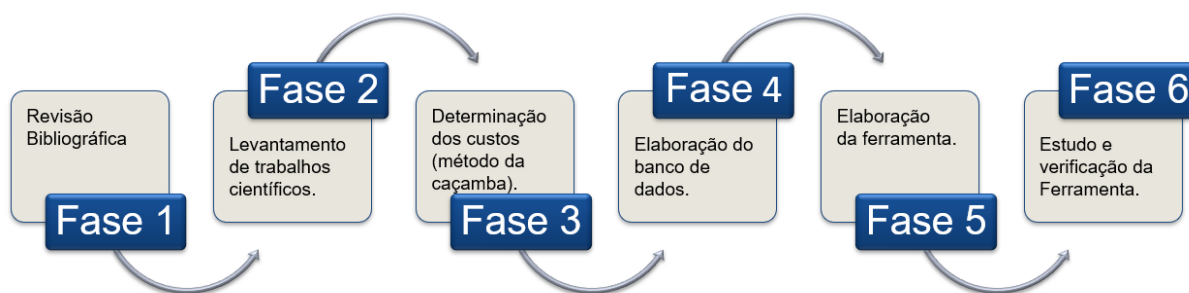
A metodologia adotada indica primeiramente a caracterização dos custos com materiais que foram perdidos em forma de resíduos, baseada em uma pesquisa quantitativa real e realizada em campo.

Paralelamente à metodologia supracitada, haverá uma revisão e identificação sistêmica e aprofundada, de trabalhos científicos recentes que propuseram métodos de reutilização dos resíduos da construção civil, dentro ou fora da obra. A identificação destes subsidiará a elaboração de um banco de dados em forma de catálogo que fomentará a proposta de economia circular da ferramenta, em que a partir dos resíduos identificados, propostas de recuperação serão alcançadas.

Após a revisão bibliográfica e já nas fases finais do estudo, ocorrerá o desenvolvimento e a avaliação da ferramenta mobile, que permitirá além do acesso a práticas de reuso de resíduos validadas no ambiente acadêmico, ter acesso a um comércio eletrônico voltado para a venda de resíduos entre setores industriais e pessoas.

O presente trabalho será composto por 6 fases, conforme é sintetizado na Figura 8, e estas serão melhor apresentadas nos tópicos que seguem. Observa-se ainda que esta pesquisa explorará os métodos científicos de pesquisa bibliográfica e de pesquisa quantitativa, realizada a partir de um estudo e levantamento de campo.

**Figura 8 - Fases da Pesquisa**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.2 Fase 1: Revisão bibliográfica

Após as definições iniciais da pesquisa (escolha do tema e tratamento dos objetivos), haverá a realização de uma pesquisa bibliográfica que pretende identificar trabalhos recentes, nacionais e internacionais, dentro de 3 temáticas chaves: resíduos sólidos, gerenciamento de resíduos da construção civil e reciclagem dos resíduos da construção civil.

No primeiro tema serão buscadas definições e classificações que sondam o tema dos resíduos, tratadas pela legislação nacional ou por trabalhos de igual teor a este, que se propuseram a estudar essa temática.

Para a temática do gerenciamento de RCC serão referenciadas as pesquisas que tratam da origem, da classificação e da disposição destes resíduos. Aqui, como função de apoiar um dos objetivos a que a ferramenta e a metodologia se propõem, serão discutidos tópicos relacionados aos custos dos resíduos como material perdido, que atualmente é pouco explorado.

Por fim, a terceira temática visa identificar trabalhos e artigos que tangem a reciclagem dos RCCs, abordando principalmente a reciclagem, propriamente dita, a economia circular e a logística reversa. Aqui, para apoio desta pesquisa, será abordado também o conceito de bolsa de resíduos, como premissa para o estudo do comércio de resíduos, que consiste em uma forma indireta de reciclagem

### 3.3 Fase 2: Levantamento de trabalhos científicos

Para a fase 2 desta pesquisa, em complemento a fase 1, objetiva-se desenvolver um levantamento bibliográfico com a função de identificar trabalhos científicos que abordem a temática da reutilização dos RCCs, dentro ou fora da obra.



Os trabalhos aqui identificados não serão referenciados no escopo desta pesquisa, mas serão tratados em forma de catálogo dentro da ferramenta a ser desenvolvida.

A identificação destas pesquisas se baseará no atendimento dos tópicos a seguir, de modo a ter representatividade sobre a metodologia estudada na fase 2 e priorizando por alternativas que prezem pela economia circular, devolvendo ao entulho seu valor:

- Monografias, teses, dissertações e artigos, nacionais e internacionais, publicados nos últimos 15 anos;
- Metodologias validadas para aplicação in loco (reutilização do resíduo dentro da própria obra);
- Estudos sobre a reciclagem de resíduos individuais ou compostos (argamassa, concreto, restos de alvenaria etc.);
- Reciclagem de resíduos por logística reversa;
- Metodologias para reutilização dos resíduos em outros setores da indústria.

A prioridade para a seleção e a utilização dos trabalhos seguirá a ordem anteriormente apresentada, recebendo maior importância as metodologias que tratam da utilização in loco e menor para aquelas que utilizam de técnicas para o reaproveitamento na indústria.

### **3.4 Fase 3: Determinação dos custos (método da caçamba)**

Pouco estudo é voltado para a determinação dos custos de materiais que são perdidos na obra, seja em forma de resíduos ou incorporados, sendo muitas vezes agregados em porcentagens de perdas nas planilhas orçamentárias que são pouco representativas. Para tanto, o objetivo desta fase da pesquisa visa caracterizar os custos perdidos com material em forma de entulho, de uma caçamba inteira disposta em obra de uma nova edificação, na cidade de Arcos, Minas Gerais.

O município apresenta população de 39.811 habitantes segundo dados do censo realizado pelo IBGE (2017), está localizado à 210 km da capital Belo Horizonte e encontra-se na zona oeste do estado, conforme é vislumbrado na figura 9. Por ser uma cidade com ampla zona industrial, parte das edificações construídas são de cunho habitacional, com características de expansão horizontal (habitações unifamiliares com 1 ou 2 pavimentos).

**Figura 9 - Localização do Município de Arcos**

Fonte: Prefeitura Municipal de Arcos (2020)

A caçamba adotada no estudo contava com capacidade de 5 m<sup>3</sup> e foi selecionada por apresentar visualmente resíduos das diversas fases de execução de uma edificação, permitindo alcançar uma amostra de resíduos que apresentasse as diferentes classes tratadas pela resolução CONAMA, nº 307 de 5 de Julho de 2002.

Os resíduos da caçamba provieram da execução de uma edificação habitacional unifamiliar de padrão médio apresentada na Figura 10, com 180,2 m<sup>2</sup> de área construída, localizada no bairro Buritis, concluída e entregue no mês de outubro de 2020. A obra foi realizada por mão de obra contratada diretamente pelos proprietários da edificação e não houve uma empresa construtora responsável e a frente da execução. Porém, as execuções foram fiscalizadas e acompanhadas pela empresa responsável pela elaboração dos projetos civis, que aqui se apresentavam também como responsáveis técnicos pela execução, junto ao conselho regional.

**Figura 10 - Edificação do Estudo**

Fonte: Próprio autor (2020).

A caçamba utilizada foi escolhida pois ainda na obra foi possível observar resíduos das fases de estrutura e vedação da edificação (restos de concreto e tijolos), das fases de acabamento (restos de placas de porcelanato, placas cerâmicas e materiais de pintura) e das fases de instalações (tubulações, eletrodutos e cabos elétricos), conforme pode ser observado na Figura 11 e uma vez que ela esteve presente na obra durante as fases de estrutura, vedação e acabamento. Tais observações corroboraram para a seleção da caçamba, por contribuir com o levantamento e a precificação de resíduos constituintes e fases diversas da edificação.

**Figura 11 - Caçamba Estacionária na Obra**



Fonte: Próprio autor (2020).

Para que ocorra a caracterização dos custos, a quantificação de cada resíduo dentro da caçamba, deverá ocorrer em um primeiro momento. Esta etapa será realizada através da quantificação dos resíduos em função da sua unidade dimensional utilizada para a comercialização, seja em massa, em comprimento linear ou em unidades, conforme será estabelecido para cada resíduo nos tópicos que seguem.

A partir da quantidade identificada de cada resíduo, a determinação do custo perdido aconteceu utilizando as referências de preços e custos dispostas na planilha SINAPI - JUN/2020 para o estado de Minas Gerais, visto que a obra está nesta localidade.

Os resíduos compostos por diversos materiais, como o concreto, que foram perdidos e identificados, terão os seus custos determinados em função do preço por unidade total da sua composição.

Pretende-se ainda identificar unidades fiéis àquelas dispostas nas planilhas de preços de referência, para tanto, quando isso for impossível, tabelas de conversão de unidades serão utilizadas, para atingir o objetivo.

A partir da revisão bibliográfica realizada na fase 1, é possível constatar que a maior parcela de resíduos da construção civil é composta por resíduos Classe A, predominando restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos e solo. Deste modo, maior importância será dada na identificação e quantificação dos custos destes resíduos.

#### 3.4.1 Resíduos Classe A (CONAMA 307/2002)

Todos os resíduos desta classe serão quantificados em função da sua massa. Para tanto, será utilizada uma balança eletrônica com capacidade nominal de 40 kg. Pretende-se separar todos os resíduos em função do seu tipo, porém para aqueles materiais difíceis de serem segregados ou que são compostos por dois tipos, como exemplo a argamassa e concreto, ou tijolos e argamassa (resíduos de Classe A), serão classificados no tipo que apresentar o maior percentual visual e a maior referência de custo.

##### 3.4.1.1 Restos de Concreto

Os restos de concreto serão segregados e dispostos em sacos para posteriormente terem sua massa aferida. A partir da massa, serão precificados em função do custo total por unidade ( $m^3$ ) para concreto estrutura com fck de 30 MPa.

Tendo em vista que a unidade dimensional utilizada na comercialização de concretos estruturais é o  $m^3$ , será utilizada a densidade de  $2400 \text{ kg}/m^3$  para que ocorra a conversão, sendo essa a densidade média para concretos normais, observada por Silva (2003). Ressalta-se, porém, que tal densidade não abrange todos os tipos de concretos utilizados em obras, porém esta será adotada como densidade média de modo a suprimir a dificuldade de determinar a densidade de cada concreto encontrado como resíduo dentro da caçamba.

Visto que concretos tem diferença de preços em função dos métodos de preparo, da resistência e da composição do composto adquirido, a quantificação aqui será aproximada, por não ser possível identificar fielmente a composição de cada resto de concreto dentro da

caçamba, mesmo que para este houvesse uma interpretação sistêmica e um acompanhamento preciso das etapas executivas que geraram estes resíduos.

Caso sejam identificados concretos com barras de aço embutidas, a segregação não ocorrerá, adotando a densidade de  $2200 \text{ kg/m}^3$  para a conversão da massa em volume, de modo a compensar o custo com aço inserido naquele concreto e sendo essa a menor densidade para concretos normais, observada por Silva (2003).

#### 3.4.1.2 Restos de Argamassa

Nos resíduos de argamassa, serão adotados os mesmos procedimentos adotados em relação aos concretos, tendo sua quantificação realizada através da sua massa. Visto que argamassas também são comercializadas em unidade de  $\text{m}^3$ , a densidade de  $2158 \text{ kg/m}^3$  será adotada para que ocorra a correlação com a tabela de referência de preços, sendo essa a densidade média encontrada para argamassas preparadas em obra, com sua determinação apoiada pela NBR13278:1995, realizada por Coutinho et al. (2013).

Para a determinação do custo perdido com este resíduo, será adotada a referência de custo total para argamassa mista de cal hidratada e areia peneirada no traço de 1:3, preparada em obra.

#### 3.4.1.3 Restos de Material Cerâmico

Na identificação de telhas, tijolos, pisos ou porcelanatos, suas unidades inteiras serão quantificadas e os preços serão atribuídos por unidades, mesmo que estes materiais estejam quebrados. Caso seja impossível quantificar as unidades deste material, sua massa será determinada e a densidade a partir da aferição da massa e do volume aproximado de um material exemplo obtido no próprio entulho, será utilizado.

Por se tratar de materiais comercializados unitariamente ou por área, a quantificação ocorrerá em função destas medidas.

Para pisos e porcelanatos que apresentam grande variabilidade de custos, será adotado um único custo de referência para cerâmicas e um único custo para porcelanatos, conforme é estabelecido em planilhas de composições de custo e na planilha de preços de referência adotada.

#### 3.4.1.4 Solo

Na ocorrência de identificação de resíduos de solos proveniente de desaterros e escavações, será utilizado o valor de referência para desaterro do volume de solo estimado, considerando o custo total com máquinas e homem-hora para a realização deste serviço, visto a impossibilidade de identificar o método utilizado no serviço que gerou este resíduo.

Resíduos de solo também serão quantificados em massa e para que ocorra a conversão para volume, será considerado como solo argiloso com densidade média para este tipo de material de  $2,65 \text{ g/cm}^3$ .

#### 3.4.1.5 Restos de Agregado

Na possibilidade de identificar agregados graúdos e agregados miúdos, serão adotadas massas unitárias para que ocorra a conversão da unidade aferida na quantificação, para a unidade comercial. Os agregados serão quantificados em massa (kg) e posteriormente haverá a necessidade de converter esta, para sua unidade comercial em volume ( $\text{m}^3$ ). Para tal, serão adotadas massas unitárias.

Branco (2018) pôde observar em sua pesquisa realizada para determinar as propriedades do concreto utilizado após o início de pega, que agregados miúdos (areia) de quarto, apresentam massa unitária de  $1.430,00 \text{ kg/m}^3$  e agregados graúdos (pedra britada nº 0) de constituição calcária apresentam massa unitária de  $1.443,71 \text{ kg/m}^3$ .

#### 3.4.2 Resíduos Classe B (CONAMA 307/2002)

Resíduos Classe B são compostos por materiais que apresentam alta possibilidade de serem reciclados, utilizando processos de transformação fora da indústria da construção, porém se apresentam em teor menor se comparados aos de Classe A.

Estes resíduos também serão quantificados e precificados em função de suas unidades dimensionais, que permitam a segregação.

##### 3.4.2.1 Componentes Elétricos

Na identificação de cabos e eletrodutos, suas unidades lineares serão aferidas e seu preço será determinado em função do custo por comprimento linear.

Para peças e componentes das instalações, haverá a identificação e a quantificação unitária, mesmo que estas estejam integradas a sistemas montados, e a determinação do custo ocorrerá em função do preço unitário de cada peça.

#### 3.4.2.2 Componentes Hidráulicos

A metodologia utilizada aqui seguirá a mesma técnica adotada para a quantificação e precificação dos componentes elétricos, por serem comercializados em unidades e elementos lineares.

#### 3.4.2.3 Aço e Madeira

Para resíduos de aço serão aferidas as massas de materiais identificados e precificados em função do valor por kg do tipo de aço. Para padronização da metodologia a ser utilizada, todos os aços serão considerados para efeito de determinação dos custos, como CA-50.

Para madeira, a quantificação também ocorrerá em função da massa, porém a precificação será dada em função dos custos por m<sup>2</sup> de formas de madeira. Para tanto, será adotada uma densidade de 785 kg/m<sup>3</sup> para determinação do volume dos materiais identificados e a adoção de uma espessura de 10 cm, referentes a espessura média por área, de madeiras utilizadas em formas.

#### 3.4.2.4 Embalagens e outros resíduos (vidro, papel, plástico etc.)

Resíduos de embalagem apresentam custos embutidos na aquisição dos diversos materiais de uma obra, e por esse motivo, não podem ser precificados em função do valor de aquisição do insumo.

Para estes resíduos serão adotados preços de venda destes materiais em forma de resíduos, que são adotados pelos depósitos de materiais reciclados da cidade em que está sendo realizado o trabalho. Uma breve cotação de preço ocorrerá de modo a obter pelo menos dois preços para tipo de entulho identificado, e a partir destes, um custo médio que será adotado na precificação do material.

#### 3.4.3 Resíduos Classe C e D.

Caso sejam identificados resíduos desta classe, sua quantificação ocorrerá em função da sua massa total, independente do tipo e não serão atribuídos a estes custos com material perdido.

Para esta pesquisa, este tipo de resíduo ainda não apresenta alternativas eficientes de reciclagem, sendo mais economicamente viável a adoção de técnicas de disposição em aterro ou adoção de procedimentos de descarte que proteja o meio ambiente.

### **3.5 Fase 4: Elaboração do banco de dados**

Tendo sido concluídas as fases 2 e 3 do estudo, que além de identificar trabalhos sobre possibilidade de reciclagem dos resíduos, permitiu identificar a parcela de custos com material perdido como entulhos em uma caçamba, será realizada a elaboração do banco de dados que abrigará os estudos.

Nesta fase, os artigos anteriormente selecionados passarão por uma nova filtragem que visa alcançar aqueles que compactuam com a realidade de resíduos retratada com os resultados da fase 4. Para tanto, objetiva-se obter e disponibilizar os melhores e a maior quantidade de artigos para os resíduos que apresentaram na fase anterior, a maior parcela de custos com material perdido.

Para cada trabalho identificado, as informações a seguir serão elencadas em forma de dados para posterior exibição no acervo de trabalho da aplicação:

- Título do trabalho;
- Data de publicação;
- Autores;
- Local de desenvolvimento da pesquisa;
- Resumo;
- Link para acesso.

Sobre o último item, não serão utilizados os resumos disponíveis no escopo de cada pesquisa, devido ao elevado teor de informações dispostas, o que pode vir a gerar uma barreira no acesso à informação. Será elaborado um novo resumo contendo apenas o objetivo da pesquisa e em determinados trabalhos, alguns resultados principais que foram alcançados.

O objetivo desta fase da pesquisa é facilitar o primeiro acesso de pessoas que estão fora do ambiente acadêmico, mas que atuam diretamente no gerenciamento dos resíduos na



construção civil e necessitam de informações técnico científicas, a trabalhos e resultados de alternativas que visam contornar a problemática da geração e descarte de resíduos no setor.

### **3.6 Fase 5: Desenvolvimento da ferramenta**

A ferramenta será desenvolvida utilizando a linguagem de programação no-code com o auxílio da plataforma Adalo®, que permite criar um aplicativo mobile com a utilização de interações entre componentes, sem o uso de uma linguagem de programação específica, mesmo que esta esteja em operação em segundo plano. O desenvolvimento ocorrerá de forma primária, utilizando recursos dispostos na ferramenta Adalo e implementando métodos de cálculos simples, a partir dos objetivos que o autor propõe a desenvolvê-la, visto que o processo de desenvolvimento carece da identificação de necessidades e da experiência de uso do usuário, que aqui não serão tratadas.

O objetivo principal da ferramenta é dispor ao usuário o acesso às pesquisas que disponham sobre a reutilização dos resíduos gerados na obra, ofertando a ele alternativas diferentes da simples disposição e prezando pela redução de custo. Como objetivo secundário, para os resíduos que apresentam baixo potencial de reciclagem dentro da própria obra, o usuário terá acesso a uma plataforma de comércio, que o permitirá comercializar e adquirir resíduos.

Para o desenvolvimento, será necessária a criação de bancos de dados para a operação do aplicativo, que irão interagir entre si. Os bancos serão compostos por atributos de texto, número, data e relacionamento com outros bancos. Os pacotes de dados serão alimentados a partir do uso da ferramenta, excetuando o pacote “Artigos” que será previamente alimentado com as informações sobre os trabalhos coletados na Fase 2 e manipulados na Fase 4 desta pesquisa. Contudo, visto que a ferramenta se trata de uma plataforma colaborativa, este banco também poderá receber outras informações posteriormente.

Além do banco “Artigos”, o banco “Usuário” será desenvolvido para permitir a verdadeira interação do usuário com a ferramenta. Neste banco, com a inserção dos dados de usuários em um cadastro preliminar, um usuário poderá utilizar as ferramentas disponíveis no aplicativo, além de colaborar com a evolução dela. O banco será composto também por elementos de login (identificação do usuário) e senha, para permitir acesso restrito e garantir a segurança dos usuários, na interação com as funcionalidades de comércio de resíduos.

Para a perfeita funcionalidade da ferramenta, outros bancos serão necessários para uso, como: Produtos de Venda, Tipos de Resíduos, Informações de Vendas, Mensagens

Negociação e Avaliações. Tais bancos foram pensados para corroborar com as duas principais funcionalidades da ferramenta: comércio de resíduos e acesso a trabalhos sobre reciclagem. Nos resultados das pesquisas, estes pacotes serão melhor elucidados.

Nas seções que seguem, as principais funcionalidades do software serão melhor apresentadas.

### 3.6.1 Catálogo de artigos

Conforme elucidado anteriormente, o catálogo de artigos tem por objetivos apresentar um acervo de trabalho de fácil acesso e com informações resumidas, sobre técnicas de reciclagem, que neste primeiro momento puderam ser verificadas nas etapas 2 e 4 desta pesquisa. Contudo, vale ressaltar que a ferramenta será colaborativa e se pretende a receber contribuições de outros usuários que fizerem o seu uso.

Após o inicial acesso à aplicação, o usuário encontrará a tela principal do app em que no primeiro momento terá de optar por uma das funcionalidades da ferramenta para que possa prosseguir com o uso: “Aprenda a reciclar”, “Venda resíduos” e “Compre resíduos”. Ao selecionar a primeira opção, o usuário será direcionado a uma lista de tipo de resíduos, na qual deverá optar por aquele tipo que busca informações sobre reciclagem. Após esta seleção, o usuário será novamente redirecionado a uma nova lista que apresentará diferentes trabalhos que tratem sobre a reciclagem do tipo de resíduo selecionado.

No primeiro momento, o usuário terá conhecimento apenas do título do trabalho, dos autores que o desenvolveram e das avaliações de outros usuários sobre suas experiências com o trabalho. Ao acessar um destes títulos, o usuário será direcionado para uma página específica que apresentará outras informações do artigo selecionado: título, autores, data de publicação, resumo do trabalho, acesso ao documento na fonte e acesso ao artigo completo. Tais informações estarão contempladas dentro do banco de dados “artigos” e necessitarão de prévia alimentação para que possam ser exibidas.

Ainda na página do artigo, o usuário poderá optar ainda por ver avaliações de outros usuários sobre o artigo ou deixar a sua opinião, com uma pontuação de 0 a 5 em estrelas e um comentário. A avaliação desenvolvida ficará disponível a outros usuários e a média da pontuação obtida com todas as avaliações, será disponibilizada na lista de títulos de artigos.

Além das visualizações de trabalhos, o usuário ainda na seção “aprenda a reciclar”, poderá também colaborar com a ferramenta ao clicar no botão “+” e cadastrando um trabalho que cumpra com os objetivos propostos com esta aplicação. Após o clique, o usuário será

redirecionado a uma tela de cadastro do trabalho e algumas informações obrigatórias deverão ser preenchidas. Cabe ressaltar que neste primeiro momento, o usuário poderá apenas cadastrar trabalhos e não poderá editar ou excluir qualquer artigo, visto que a ferramenta tem por objetivo criar um acervo colaborativo e que após um determinado período de uso, possa apresentar um grande volume de trabalhos disponíveis. Além disso, para que haja confiabilidade nas informações prestadas, mensagens de aviso sobre a veracidade das informações inseridas no banco de dados e posteriormente apresentadas na ferramenta, serão apresentadas durante todo o cadastro de um novo trabalho no acervo.

### 3.6.2 Plataforma de comércio

Além da opção “aprenda a reciclar”, na tela principal da ferramenta, também serão exibidas as opções “venda resíduos” e “compre resíduos”, que irão consistir nas duas funcionalidades principais da plataforma de comércio. Para que o usuário possa acessá-la, ele deverá optar por uma das duas opções apresentadas.

A plataforma de comércio será desenvolvida de forma semelhante à diversas aplicações destinadas a comercialização de produtos. Além dos dados anteriormente cadastrados, ao acessar a opção de compra ou de venda, o usuário será redirecionado automaticamente a uma página para completar seu cadastro. Nesta seção o usuário deverá inserir outros dados pessoais, além do que já foram inseridos no primeiro acesso à ferramenta, como por exemplo, o endereço, telefone, foto, CPF, dentre outros, necessários para o funcionamento da plataforma de comércio. A inserção destes dados será obrigatória e apenas após este processo, o usuário poderá seguir com as opções de compra e venda de resíduos.

Após o cadastro complementar, na opção de venda de resíduos, o usuário terá acesso a diversas funcionalidades de cadastro de produtos, produtos anunciados, vendas realizadas, dentre outras opções necessárias para a venda de um item. Contudo, cabe destacar a opção principal que se trata do cadastro de produto. Nesta opção, o usuário poderá cadastrar um item a ser comercializado a partir da inserção de algumas informações sobre o resíduo a ser ofertado. O item cadastrado será anunciado na listagem de itens na opção “compre resíduos”. Todo item cadastrado deverá pertencer a um tipo de resíduo, de forma a facilitar a filtragem de itens na lista de produtos anunciados à venda. Alguns tipos de resíduos serão previamente inseridos na ferramenta, contudo um tipo específico que não conste nas opções disponíveis, poderá ser cadastrado pelo usuário ainda na tela de cadastro de produto.

A plataforma, nesse primeiro momento, não adotará opções para realização do pagamento eletrônico, tendo objetivo apenas de intermediar a venda do produto através de um anúncio do item disponível e permitir a comunicação entre anunciante e comprador dentro da própria ferramenta. Entende-se que a adoção de um sistema que se permite o pagamento do item adquirido dentro da própria ferramenta, demanda de uma equipe que possa tratar situações e problemas específicos que viessem a ocorrer em alguma das transações, não se este o objetivo a que esta ferramenta se propõe. Deste modo, a ferramenta irá operar de forma a auxiliar o processo de negociação entre um usuário que queira vender um resíduo e outro que queira adquiri-lo, e o desenrolar da compra ou venda, deverá ocorrer de forma externa a aplicação, seguida do consecutivo pagamento e recebimento do produto.

### 3.6.3 Interação entre Usuários, Artigos e Comércio

Para acesso às opções do catálogo de artigos ou da plataforma de comércio, o usuário necessitará estar cadastrado e logado na aplicação. Nenhuma operação poderá ser realizada sem que o usuário esteja logado e com no mínimo os dados preliminares (nome, e-mail e senha) cadastrados.

Todo usuário poderá acessar funções específicas do banco de artigos ou da plataforma de comércio, e todas suas ações estarão relacionadas ao seu cadastro. Ou seja, um usuário poderá cadastrar um artigo no catálogo e este estará vinculado ao seu nome, um usuário poderá cadastrar um produto para venda e este terá relação com seu cadastro, e um usuário poderá realizar a compra de um item ofertado e esta ação também estará vinculada ao seu nome, podendo assim, o usuário que anunciou o produto comprado (vendedor), ter acesso às informações sobre o comprador.

A interação entre usuários, catálogo de artigos e a plataforma de comércio, é necessária, pois garante a segurança da plataforma ao identificar os usuários responsáveis por cada ação. Contudo, nem sempre os dados do responsável pela ação realizada serão apresentados no aplicativo, como por exemplo, ao cadastrar um artigo no acervo, o cadastrador não será apresentado aos demais usuários que acessem aquele artigo.

Além das ações apresentadas, todo usuário poderá dentro do catálogo de artigos comentar e avaliar um trabalho que ele tenha acesso, e esta ação o identificará para todos os outros usuários que façam o acesso da ferramenta. Já na plataforma de comércio, um usuário poderá enviar uma mensagem a um usuário que esteja ofertando um item, de forma a permitir a negociação daquele produto anunciado.

Por fim cabe ressaltar ainda que a interação é importante para indicar vendedor e comprador de cada produto, além de garantir maior transparência às informações apresentadas. Os dados dos usuários inseridos no cadastro, serão os mesmos dados utilizados nas interpelações, dificultando assim a apresentação de nomes falsos ou cadastro inválidos. Logo, quando um usuário anunciar um item para venda na plataforma de comércio, o nome que será apresentado como vendedor do produto ofertado, é o próprio nome do usuário que está no seu cadastro na plataforma.

Não menos importante, vale destacar que cada usuário terá acesso limitado dentro das suas relações. Ou seja, um usuário não poderá alterar o cadastro de outro, da mesma forma que outro usuário não poderá alterar um item ofertado por um seguinte, ou ter acesso às informações de venda que não sejam suas próprias vendas.

#### 3.6.4 Painel de Usuário

Na guia painel de usuário, o usuário poderá executar métodos para entrar e sair da aplicação, alterar seus dados cadastrados, entrar em contato com os desenvolvedores da ferramenta e encontrar mais informações sobre ela, além de acompanhar suas interações com compra e venda de produtos. Cabe ressaltar que nesta seção ele ainda poderá editar e acompanhar a venda dos itens cadastrados por outro.

Tais ferramentas são necessárias para a completa operação do software e opções de alteração ou exclusão, são importantes para que o usuário tenha maior controle sobre suas ações. Desta forma, o usuário poderá excluir seu cadastro, excluir ou editar um item ofertado e até mesmo excluir uma mensagem enviada a outro usuário que esteja ofertando um item. Contudo, vale ressaltar novamente que ações realizadas no acervo de resíduos estarão limitadas ao cadastramento de trabalhos, não sendo possível que o usuário exclua um artigo que ele ou que outro usuário tenha inserido na plataforma. Mesmo que esta ação de exclusão de um artigo tenha características de grande importância, a realização desta iria contra os objetivos da ferramenta que busca criar um banco de trabalhos sobre reciclagem de resíduos que seja alimentado de forma colaborativa, permitindo assim alcançar o maior número de trabalhos possíveis sobre o assunto.

A experiência do usuário ficará limitada a essas funções por se tratar de uma ferramenta em fase inicial de estudo. Ressalta-se, porém e novamente, que uma ferramenta que agregue várias funções e configurações, demanda informações de experiência do usuário

após um determinado período de uso dela, o que nesta fase do desenvolvimento, não é possível alcançar.

### **3.7 Fase 6: Estudo e verificação da ferramenta**

A fase 6 concluirá a pesquisa com atividades de validação da ferramenta na utilização de conceitos de economia circular e da bolsa de resíduos no setor da construção civil.

Nesta fase, após o desenvolvimento e a disponibilização da ferramenta para uso, a avaliação ocorrerá de forma a identificar as limitações da ferramenta desenvolvida e determinar as recomendações de uso da plataforma. Neste sentido, serão alcançadas também as propostas para utilização da aplicação.

A validação adotada, terá por objetivo no primeiro momento, discutir a relação da ferramenta com os princípios defendidos pela economia circular, de forma a identificar como esta irá contribuir para a adoção destes conceitos dentro da problemática dos resíduos da construção civil. Já no que tange o assunto de custos perdidos com resíduos, no segundo momento, a validação terá por objetivo avaliar de que forma a aplicação poderá corroborar para reduzir os custos com materiais perdidos em caçambas estacionárias que puderam ser identificados na Fase 3 desta pesquisa.

Contudo, a validação a partir da experiência do usuário, não ocorrerá neste momento, devido a limitação de prazos para dispor o produto em uma plataforma de aplicativos e o grande tempo demandando para uma avaliação a partir do acesso e vivência com as funcionalidades dela, realizada por um grupo de usuários. Contudo entende-se que uma ferramenta é desenvolvida a partir das experiências de seus usuários, porém aqui objetiva-se propor um modelo inicial que possa atender os objetivos desta pesquisa.

Pretende-se por fim com esta fase, mesmo que de forma inicial e simplória, aumentar as possibilidades de acesso às pesquisas científicas sobre a abordagem da reciclagem dos resíduos, e na tentativa de transformar o cenário atual catastrófico dos RCCs, implementar outras duas medidas (conhecimento e comércio) que prezem pela reutilização, reciclagem e o comércio de entulhos, perante à disposição e o descarte inadequado que ocorre de forma abundante.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo serão apresentados os resultados da dissertação, incluindo o desenvolvimento da fase 3 adotada para determinação dos custos com material perdido em uma caçamba estacionária de RCCs de uma obra do município de Arcos - MG, bem como a apresentação da ferramenta mobile objeto deste estudo. Por fim será apresentada a verificação da ferramenta com base no atendimento dos conceitos e princípios da economia circular e do sistema integrado da bolsa de resíduos, que são almejados com o desenvolvimento desta.

### **4.1 Método da caçamba**

As etapas de classificação e quantificação dos resíduos da caçamba foram realizadas entre os dias 7 e 12 de setembro do ano de 2020. Para que o estudo pudesse ser realizado, a caçamba foi transferida para um lote vago com área aberta, ainda no mesmo município, que apresentasse espaço suficiente para as etapas de classificação e quantificação que serão descritas nos tópicos que seguem.

Já no local de realização do estudo e após a classificação e quantificação dos resíduos, foi possível observar que no interior da caçamba e entre aqueles entulhos aparentes, havia diversos materiais de outras fases da obra antes não vislumbrada, conforme é apresentado na Figura 12 que apresentam os resíduos devolvidos a caçamba após o desenvolvimento do método. Puderam ser observados outros resíduos da fase de estruturas (madeira e compensados utilizados em fôrmas), outros materiais da fase de acabamento (gesso moldado e gesso acartonado), um grande volume de plásticos de embalagens e sacos de argamassa industrializada e de cimento, e componentes utilizados na fase de jardinagem (placas de grama).

Cabe observar que diversos outros resíduos diferentes puderam ser observados, sejam eles oriundos da obra ou diferentes a ele, como vasos de plantas, sacos com lixo orgânico residencial, uma antena de sistema de televisão, bem como um tambor metálico de 200l. No processo de classificação e quantificação, tais resíduos foram desconsiderados por não serem oriundos do processo de construção e não representar custo na aquisição de materiais pertinentes às fases de desenvolvimento de uma obra.

**Figura 12 - Caçamba Estacionário no Local do Estudo**



Fonte: Próprio autor (2020).

O processo de classificação, quantificação e posterior precificação (determinação do custo de materiais perdido na caçamba), que antecedeu o instante representado na Figura 12, serão melhor apresentados nos tópicos que seguem. Cabe ressaltar que após o desenvolvimento do estudo, a caçamba com o material foi retirada pela empresa responsável por ela e o material foi destinado ao Aterro Sanitário Municipal de Arcos, onde ele foi separado e aqueles possíveis de serem reciclados, assim seguirão, e quanto aos demais que não apresentem esta possibilidade, seguirão para o aterro.

#### 4.1.1 Classificação e quantificação dos resíduos

A metodologia de classificação se desenvolveu em duas etapas. A primeira consistiu na separação visual dos resíduos de maior volume em função do tipo (quando possíveis de serem segregados assim) e a segunda na posterior classificação de uma amostra de volume de 18 l, daqueles resíduos aqui classificados como resíduos de Classe A, que se apresentavam impossíveis de serem separados visualmente. A classificação foi necessária para que ocorresse o levantamento das quantidades, e a segunda etapa foi fundamental para que um grande volume de resíduos fragmentados, com dimensões semelhantes a agregados de construção, pudesse também sofrer uma classificação.

A primeira etapa, teve por objetivo classificar aqueles resíduos que se permitiam ser segregados visualmente por apresentarem volume suficiente para tal. Após a separação, os resíduos foram quantificados em massa, unidades, volumes e comprimentos, em função do



tipo, conforme foi estabelecido na metodologia desta pesquisa. Nas figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21, é possível observar alguns dos principais resíduos após terem sido separados.

**Figura 13 - Classificação e Quantificação (Etapa 1)**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 14 - Resíduo de Concreto e Argamassa, Material Cerâmico (Tijolo) e Material de Pintura**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 15 - Resíduos de Telha de Fibrocimento e de Madeira**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 16 - Resíduo Material Elétrico**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 17 - Resíduos de Madeira, Material Cerâmico (Placas e Porcelanato), Material Cerâmico (Tijolos), Material Hidráulico e Lixo Orgânico**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 18 - Resíduo de Madeira e Papel**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 19 - Resíduo de Isopor, Plástico e Papel**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 20 - Resíduo Classe A (impossível de ser separado).**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 21 - Quantificação Amostra Resíduo Classe A (necessário para Etapa 2)**



Fonte: Próprio autor (2020).

Já na Etapa 2, a partir da amostra apresentada na Figura 21, houve uma classificação procedendo com a separação visual dos pequenos fragmentos. Contudo, mesmo com esta segunda classificação, alcançou-se uma amostra de materiais que se confundiam entre restos de areia, pedra britada, solo e alguns outros fragmentos de compósitos (cerâmicas, concreto e gesso). Para que estes fossem segregados, foi utilizado uma peneira de malha 4 (4,699mm de abertura) a fim de permitir a segregação de resíduos em agregado miúdo (areia e solo) e agregado graúdo (pedra britada e outros resíduos maiores, porém impossíveis de serem segregados).

Após realizado este segundo processo de classificação, os resíduos foram quantificados através da aferição de massa, e o grande volume de Resíduos Classe A apresentado na Etapa 1, pôde então ser classificado. Nas figuras 22, 23, 24, 25 e 26 é possível observar as etapas do processo realizado na Etapa 2.

**Figura 22 - Amostra Resíduos Classe A Separados em: Agregado Miúdo, Agregado Graúdo, Concreto e Argamassa, Material Cerâmico (Tijolo), Isopor, Papel, Plástico, Telha de Fibrocimento, Madeira, Material Cerâmico (Placas e Porcelanato), Gesso, Gesso Acartonado e Matéria Orgânica (Vegetação)**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 23 - Resíduo Agregado Graúdo (não passante na peneira de malha 4)**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 24 - Resíduo de Agregado Miúdo (passante na peneira de malha 4)**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 25 - Quantificação do Resíduo de Concreto e Argamassa**



Fonte: Próprio autor (2020).

**Figura 26 - Determinação da Massa de Resíduo de Gesso Acartonado**



Fonte: Próprio autor (2020).

A pesquisa tem como objetivo precificar os resíduos em função do custo de aquisição do material que foi perdido e está sendo tratado como resíduo. Para isso, a quantificação deve ser realizada de tal forma a levantar unidades equivalentes às unidades que o material é comercializado. Contudo, diversos materiais não puderam ser quantificados em suas unidades comerciais e para estes, houve a quantificação em massa. Posteriormente, para que a precificação pudesse acontecer, foram adotadas massas específicas ou unitárias, a partir de materiais de referência ou determinações realizadas neste estudo, para que houvesse a conversão da massa aferida na unidade de comercialização.

#### 4.1.1.1 Etapa 1: Resultado Classificação Visual (Resíduos Maiores)

Conforme apresentado anteriormente, a primeira etapa da classificação e quantificação dos resíduos da caçamb, teve por objetivo separar os resíduos, classificá-los em função do tipo comercial e levantar a sua quantidade. Diferentes unidades de quantificação foram alcançadas, porém a unidade principal adotada na quantificação foi o kg (massa), visto que mensurar a massa dos resíduos através de uma balança e logo após adotar unidades de

conversão das unidades quantificadas para unidades comerciais, era o caminho mais lógico a se tomar.

Alguns resíduos, como por exemplo as placas cerâmicas, estavam quebrados e com formas irregulares, e deste modo levantar a área ( $m^2$  - unidade comercial de placas cerâmicas) ou outra unidade qualquer diferente da massa, foi tratado como um fator impossibilitante. Contudo, para o caso das placas cerâmicas, foi levantada a massa total (kg - unidade quantificada) destes resíduos de placas cerâmicas através de uma balança e após, a partir de um índice de conversão ( $kg/m^2$ ), foi possível converter a unidade quantificada (kg) em unidade comercial da placa cerâmica ( $m^2$ ).

Alguns dos índices de conversão adotados foram obtidos através de referenciais científicos tratados na metodologia, outros puderam ser observados através de uma simples aferição na própria pesquisa e um item em específico (placas de grama), necessitou da definição do índice de conversão através de uma pesquisa comercial. Para este, houve uma pesquisa através de um comércio que detinha de informações referentes a massa de uma placa de grama do tipo esmeralda, por área ( $kg/m^2$ ) de utilização. Os demais resíduos que sofreram transformação da unidade quantificada para unidade comercial, podem ter seus índices de conversão vislumbrados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Índices de Conversão de Unidade Quantificada para Unidade Comercial**

RESÍDUO	OBTENÇÃO DO ÍNDICE ADOTADO	ÍNDICE	UN
<b>Concreto e Argamassa</b>	Metodologia - Média entre concreto (SILVA; 2003) e argamassa (COUTINHO, et. al.; 2013).	2179,00	$kg/m^3$
<b>Material Cerâmico (Tijolos)</b>	Aferido na pesquisa. - Bloco Cerâmico 9x19x29 cm com massa total de 3,245 kg.	3,245	kg/un
<b>Material Cerâmico (Placas e Porcelanato)</b>	Aferido na pesquisa. - Amostrado obtida no resíduo com dimensões de 60x8cm (área 0,048 $m^2$ ) e com massa total 0,720 kg.	15,00	$kg/m^2$
<b>Telhas Fibrocimento (Onda 50 - 8mm)</b>	Aferido na pesquisa. - Telha 1,10x1,83 m com massa total de 17,458kg.	17,458	kg/un
<b>Madeira (Tábuas, Ripas e Roliça)</b>	Metodologia - Massa unitária de 785 $kg/m^3$ , adotando madeira serrada com espessura de 0,10 m.	78,50	$kg/m^2$
<b>Placas de Grama</b>	Pesquisa comercial - Grama esmeralda (placa 0,40x0,625 cm) com massa total de 21,5 $kg/m^2$ .	21,50	$kg/m^2$
<b>Agregado Miúdo (Areia e Solos)</b>	Metodologia - Massa unitária areia média de 1430,0 $kg/m^3$ (BRANCO; 2018).	1430,00	$kg/m^3$
<b>Agregado Graúdo (Brita e Não Passantes)</b>	Metodologia - Massa unitária pedra britada nº 0 de 1443,71 $kg/m^3$ (BRANCO; 2018).	1443,71	$kg/m^3$

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observou-se ainda, uma quantidade de resíduos impossíveis de serem separados em função do tamanho ou da predominância do resíduo principal que permitisse a sua



classificação. Estes, que se apresentaram em maior volume e massa perante a todos os resíduos levantados, foram classificados como Resíduos Classe A na Tabela 2 e tiveram apenas a sua massa total alcançada nesta etapa. Para que houvesse uma melhor classificação e compreensão das partes de resíduos que compuseram esta massa total apresentada na Figura 27, eles foram tratados na Etapa 2 da classificação e quantificação, que terá seus resultados elencados no tópico a seguir. Contudo, na etapa de precificação, estes resíduos foram sintetizados em uma única tabela, junto com aqueles aqui classificados e levantados, a fim de facilitar a compreensão do custo total alcançado com material perdido.

**Figura 27 - Resíduos Classe A (impossíveis de separar visualmente e retornados a caçamba)**



Fonte: Próprio autor (2020).

Na Tabela 2 que segue é possível observar o resultado da classificação e quantificação obtido na Etapa 1. Através dela, é possível observar também a conversão das unidades quantificadas para as unidades comerciais, adotando os índices de conversão vislumbrados na tabela anterior.

Ressalta-se ainda que a partir das unidades comerciais alcançadas na Tabela 2 e dos preços pesquisados (sejam pelo SINAPI ou por cotação), conforme apresentado na metodologia, haverá a precificação dos materiais perdidos. Este processo será apresentado nos tópicos que seguem, foi alcançado com a metodologia elucidada e visa cumprir com um dos objetivos principais desta pesquisa.

Tabela 2 - Resíduos Classificados e Quantificados - Etapa 1

RESÍDUOS CLASSIFICADOS E QUANTIFICADOS – ETAPA 1				
Resíduos (Classificação Visual)	Unidade Quantificada		Unidade Comercial	
	Un.	Quant.	Un.	Quant.
Resíduo Classe A (Impossível de Segregar)	kg	3189,85	Tratado Etapa 2*	
Concreto e Argamassa	kg	89,8	m <sup>3</sup>	0,041
Material Cerâmico (Tijolos)	kg	64,05	un	19,7
Material Cerâmico (Placas e Porcelanato)	kg	62,75	m <sup>2</sup>	4,18
Telhas Fibrocimento (Onda 50 - 8mm)	kg	40,55	un	2,32
Madeira (Tábuas, Ripas e Roliça)	kg	102,2	m <sup>2</sup>	1,302
Compensado (Madeirite)	kg	28,5	m <sup>2</sup> **	3,22
Placas de Grama	kg	15,85	un	0,737
Metal (Latas de Tinta)	kg	5,65	Idem ***	
Metal (Aço CA e Arame)	kg	2,3	Idem ***	
Papel (Embalagens Cimento e Argamassa)	kg	21,35	Idem ***	
Plástico (Embalagens e Lona)	kg	6,8	Idem ***	
Isopor	kg	0,15	Idem ***	
<b>Resíduos de Instalação Hidráulica</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Sifão Flexível	un.	2	Idem ***	
Tubo PVC Esgoto Ø 100mm	m	0,213	Idem ***	
Tubo PVC Esgoto Ø 75mm	m	2,368	Idem ***	
Joelho PVC Esgoto Ø 75mm 90°	un.	1	Idem ***	
Joelho PVC Esgoto Ø 50mm 90°	un.	1	Idem ***	
Luva PVC Esgoto Ø 50mm	un.	1	Idem ***	
Tubo PVC Esgoto Ø 50 mm	m	0,627	Idem ***	
Tubo PVC Soldável Ø 20mm	m	0,205	Idem ***	
Tubo PVC Soldável Ø 25mm	m	0,115	Idem ***	
<b>Resíduos de Instalação Elétrica</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Eletroduto Rígido Ø 3/4"	m	7,12	Idem ***	
Eletroduto Rígido Ø 1"	m	1,53	Idem ***	
Eletroduto Flexível Ø 3/4"	m	0,205	Idem ***	
Cabo Flexível 1,5mm <sup>2</sup>	m	0,625	Idem ***	
Cabo Coaxial 4mm	m	10,41	Idem ***	
Cabo 2 Vias 2x1,5mm <sup>2</sup>	m	1,08m	Idem ***	
Cabo Fibra Óptica	m	9,5	Idem ***	
Placa Cega 2x4 C/Suporte	un.	1	Idem ***	
<b>Resíduos de Pintura</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Desempenadeira Lisa	un.	1	Idem ***	
Disco Lixadeira 4.1/2"	un.	1	Idem ***	
Trincha 2.1/2"	un.	1	Idem ***	
Trincha 3"	un.	1	Idem ***	
Rolo Lã 9cm	un.	1	Idem ***	

\* Os resíduos aqui levantados, foram classificados e quantificados na Etapa 2 (Tabela 3).

\*\* O resíduo de compensado (madeirete) foi quantificado em massa (kg) e área das chapas (m<sup>2</sup>).

\*\*\* Itens que apresentam unidade comercial igual a unidade quantificada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 4.1.1.2 Etapa 2: Resultado Classificação Amostra 18 l (Resíduos Menores)

Para os 3.189,85 kg de resíduo classificados na Etapa 1 como Resíduos Classe A e impossíveis de serem separados visualmente, foi recolhida uma amostrada de 18 l com massa total de 21,524 kg e esta foi classificada e quantificada com maior precisão. Aqui, a amostra pôde ser segregada observando fragmentos pequenos e separando-os em função do tipo, inclusive para aqueles que se apresentavam como agregados e puderam ser classificados através de um peneiramento com uma peneira de malha 4, em agregados miúdos e agregados graúdos.

A partir da classificação e quantificação obtida na amostra e dos percentuais para cada tipo de resíduos, foi possível obter a parcela que cada tipo de resíduo compunha nos 3.189,85kg do material classificado como classe A e impossível de ser separado na etapa 1. Após, houve a conversão da unidade quantificada em unidade comercial, adotando os índices de conversão apresentados na Tabela 1. Os resultados da Etapa 2 podem ser observados na Tabela 3, que segue.

**Tabela 3 - Resíduos Levantados e Quantificados - Etapa 2**

<b>RESÍDUO CLASSE A (AMOSTRA DE 18l E MASSA TOTAL DE 21,524 KG)</b>						
<b>Resíduos (Classe A - Amostra 18 l)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantificada</b>	<b>% (Massa Total)</b>	<b>Total (kg - P/ 3.189,85 kg)</b>	<b>Unidade Comercial</b>	<b>Quant.</b>
	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>			<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Agregado Miúdo (Areia/Solo)	kg	11,216	52,11%	1662,21	m <sup>3</sup>	1,162
Agregado Graúdo (Brita e não passantes)	kg	4,229	19,65%	626,74	m <sup>3</sup>	0,434
Concreto e Argamassa	kg	4,152	19,29%	615,33	m <sup>3</sup>	0,282
Material Cerâmico (Tijolos)	kg	1,23	5,71%	182,29	un	56,17
Material Cerâmico (Placas e Porcelanato)	kg	0,14	0,65%	20,75	m <sup>2</sup>	1,38
Telha Fibrocimento (Onda 50 - 8mm)	kg	0,093	0,43%	13,78	un	0,79
Papel	kg	0,02	0,09%	2,96	Idem *	
Plástico	kg	0,013	0,06%	1,93	Idem *	
Gesso	kg	0,282	1,31%	41,79	Idem *	
Gesso Acartonado	kg	0,113	0,52%	16,75	Idem *	
Isopor	kg	0,001	0,00%	0,15	Idem *	
Madeira	kg	0,024	0,11%	3,56	m <sup>2</sup>	0,005
Material Orgânico (Vegetação e Grama)	kg	0,001	0,00%	0,15	Idem *	
Metal	kg	0,01	0,05%	1,48	Idem *	
<b>TOTAL</b>	<b>Kg</b>	<b>21,524</b>	<b>100,00%</b>	<b>3189,85</b>		

\* Itens que apresentam unidade comercial igual a unidade quantificada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tendo classificado e quantificado todos os resíduos da caçamba estacionária, o próximo passo tomado na pesquisa foi determinar o custo com material perdido, conforme descrito na seção a seguir. Para que esta etapa ocorresse, os resultados obtidos nas etapas 1 e 2 (tabelas 2 e 3) foram sintetizados em uma única tabela, a fim de melhorar a apreciação dos resultados referentes aos custos com materiais perdidos.

#### 4.1.2 Precificação dos resíduos

A primeira etapa da precificação, teve por objetivo mesclar as quantidades obtidas nas etapas 1 e 2 da quantificação, conforme é apresentado na Tabela 4. A partir da mesclagem, foi possível obter a quantidade e parcela de cada material identificado, que posteriormente sofreria a precificação. Cabe ressaltar ainda e novamente, que as unidades adotadas na etapa anterior, permitiram a fácil identificação do preço cotado ou identificado na planilha do SINAPI.

A precificação baseada em preços unitários objetivou determinar o custo do material perdido na caçamba, ou seja, identificar a parcela de recurso financeiro perdido em uma obra, com materiais depositados em caçambas estacionárias. Para tanto, determinou-se o custo unitário de aquisição de materiais novos, representando assim a quantia que foi perdida com o desperdício. A partir dos preços unitários, os preços totais puderam ser alcançados em função das quantidades identificadas.

Ao concluir os levantamentos e mesclar as quantidades identificadas, os preços unitários de cada resíduo foram coletados no SINAPI ou cotados. Após, ao multiplicar as quantidades levantadas, em suas unidades comerciais, com os preços unitários (PU) alcançados, o custo total (PT) de material perdido com cada tipo de resíduo, pôde ser alcançado. A partir destes, realizou-se o somatório para encontrar o valor total de material perdido que veio a ser descartado na caçamba, conforme é apresentado na Tabela 5. Cabe ressaltar ainda, que para que esta precificação acontecesse, as quantidades de itens levantadas na etapa 1, também sofreram conversões de unidades, a partir dos índices apresentados na metodologia.

Por fim, é importante ressaltar ainda que o resultado obtido com a precificação, não representa a perda de recursos financeiros para os resíduos totais de uma edificação, visto que a caçamba adotada no estudo não esteve na obra do início ao fim da execução, e representa os resíduos de apenas algumas etapas da construção. Contudo o objetivo da pesquisa foi justamente identificar o custo que foi desperdiçado com resíduos em caçamba da construção.

Tabela 4 - Quantificação Total dos Resíduos (Mesclagem)

QUANTIDADE TOTAL DE RESÍDUOS NA CAÇAMBA						
Resíduos (Classificação Visual - Etapa 1)	Quantificação Etapa 1		Quantificação Etapa 2		Quantidade Total (Unid. Comercial)	
	Un	Quant.	Un	Quant.	Un	Quant.
Agregado Miúdo (Areia e Solo)			m <sup>3</sup>	1,162	m <sup>3</sup>	1,162
Agregado Graúdo (Brita e Não Passantes)			m <sup>3</sup>	0,434	m <sup>3</sup>	0,434
Concreto e Argamassa	m <sup>3</sup>	0,041	m <sup>3</sup>	0,282	m <sup>3</sup>	0,324
Material Cerâmico (Tijolos)	un	19,738	un	56,174	un	75,912
Material Cerâmico (Placas e Porcelanato)	m <sup>2</sup>	4,183	m <sup>2</sup>	1,383	m <sup>2</sup>	5,567
Telhas Fibrocimento (Onda 50 - 8mm)	un	2,323	un	0,789	un	3,112
Madeira (Tábuas, Ripas e Roliça)	m <sup>2</sup>	0,130	m <sup>2</sup>	0,005	m <sup>2</sup>	0,135
Compensado (Madeirite)	m <sup>2</sup>	3,220			m <sup>2</sup>	3,220
Placas de Grama	un	0,737			un	0,737
Metal (Latas de Tinta)	kg	5,650			kg	5,650
Metal (Aço CA e Arame)	kg	2,300	kg	1,482	kg	3,782
Papel (Embalagens Cimento e Argamassa)	kg	21,350	kg	2,964	kg	24,314
Plástico (Embalagens e Lona)	kg	6,800	kg	1,927	kg	8,727
Isopor	kg	0,150	Kg	0,148	kg	0,298
Gesso			kg	41,792	kg	41,792
Gesso Acartonado			kg	16,747	kg	16,747
<b>Resíduos Instalação Hidráulica</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Sifão Flexível	un.	2			un.	2,000
Tubo PVC Esgoto Ø 100mm	m	0,213			m	0,213
Tubo PVC Esgoto Ø 75mm	m	2,368			m	2,368
Joelho PVC Esgoto Ø 75mm 90°	un.	1			un.	1,000
Joelho PVC Esgoto Ø 50mm 90°	un.	1			un.	1,000
Luva PVC Esgoto Ø 50mm	un.	1			un.	1,000
Tubo PVC Esgoto Ø 50 mm	m	0,627			m	0,627
Tubo PVC Soldável Ø 20mm	m	0,205			m	0,205
Tubo PVC Soldável Ø 25mm	m	0,115			m	0,115
<b>Resíduos Instalação Elétrica</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Eletroduto Rígido Ø 3/4"	m	7,12			m	7,120
Eletroduto Rígido Ø 1"	m	1,53			m	1,530
Eletroduto Flexível Ø 3/4"	m	0,205			m	0,205
Cabo Flexível 1,5mm <sup>2</sup>	m	0,625			m	0,625
Cabo Coaxial 4mm	m	10,41			m	10,410
Cabo 2 Vias 2x1,5mm <sup>2</sup>	m	1,08			m	1,080
Cabo Fibra Óptica	m	9,5			m	9,500
Placa Cega 2x4 C/Suporte	un.	1			un.	1,000
<b>Resíduos Pintura</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>Un</b>	<b>Quant.</b>
Desempenadeira Lisa	un.	1			un.	1,000
Disco Lixadeira 4.1/2"	un.	1			un.	1,000
Trincha 2.1/2"	un.	1			un.	1,000
Trincha 3"	un.	1			un.	1,000
Rolo Lã 9cm	un.	1			un.	1,000

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 5 - Precificação dos Resíduos

<b>CUSTO TOTAL PERDIDO COM RESÍDUOS NA CAÇAMBA</b>							
Resíduos (Classificação Visual - Etapa 1)	Quant. Total		Custo Perdido (Material)				
	Un	Quant.	PU (R\$) *	Fonte	PT (R\$) *		
Agregado Miúdo (Areia e Solo)	m <sup>3</sup>	1,162	63,34	SINAPI	73,63		
Agregado Graúdo (Brita e Não Passantes)	m <sup>3</sup>	0,434	77,8	SINAPI	33,77		
Concreto e Argamassa	m <sup>3</sup>	0,324	295,48	SINAPI	95,62		
Material Cerâmico (Tijolos)	un	75,912	0,91	SINAPI	69,08		
Material Cerâmico (Placas e Porcelanato)	m <sup>2</sup>	5,567	21,6	SINAPI	120,24		
Telhas Fibrocimento (Onda 50 - 8mm)	un	3,112	53,69	SINAPI	167,09		
Madeira (Tábuas, Ripas e Roliça)	m <sup>3</sup>	0,135	1197,24	SINAPI	161,29		
Compensado (Madeirite)	m <sup>2</sup>	3,220	18,35	SINAPI	59,08		
Placas de Grama	un	0,737	7,25	SINAPI	5,34		
Metal (Latas de Tinta)	kg	5,650	4,5	COTADO	25,43		
Metal (Aço CA e Arame)	kg	3,782	9,73	SINAPI	36,80		
Papel (Embalagens Cimento e Argamassa)	kg	24,314	0,15	COTADO	3,65		
Plástico (Embalagens e Lona)	kg	8,727	0,5	COTADO	4,36		
Isopor	kg	0,298	0,5	COTADO	0,15		
Gesso	kg	41,792	0,39	SINAPI	16,30		
Gesso Acartonado	kg	16,747	3,55	SINAPI	59,45		
<b>Resíduos Instalação Hidráulica</b>			<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>PU</b>	<b>Fonte</b>	<b>PT</b>
Sifão Flexível	un.	2,000	8,2	SINAPI	16,40		
Tubo PVC Esgoto Ø 100mm	m	0,213	15,25	SINAPI	3,25		
Tubo PVC Esgoto Ø 75mm	m	2,368	13,31	COTADO	31,52		
Joelho PVC Esgoto Ø 75mm 90°	un.	1,000	6,46	SINAPI	6,46		
Joelho PVC Esgoto Ø 50mm 90°	un.	1,000	2,49	SINAPI	2,49		
Luva PVC Esgoto Ø 50mm	un.	1,000	2,85	SINAPI	2,85		
Tubo PVC Esgoto Ø 50 mm	m	0,627	7,31	COTADO	4,58		
Tubo PVC Soldável Ø 20mm	m	0,205	3,17	SINAPI	0,65		
Tubo PVC Soldável Ø 25mm	m	0,115	4,07	SINAPI	0,47		
<b>Resíduos Instalação Elétrica</b>			<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>PU</b>	<b>Fonte</b>	<b>PT</b>
Eletroduto Rígido Ø 3/4"	m	7,120	1,5734	COTADO	11,20		
Eletroduto Rígido Ø 1"	m	1,530	1,43	COTADO	2,19		
Eletroduto Flexível Ø 3/4"	m	0,205	1,34	SINAPI	0,27		
Cabo Flexível 1,5mm <sup>2</sup>	m	0,625	2,78	SINAPI	1,74		
Cabo Coaxial 4mm	m	10,410	0,933	SINAPI	9,71		
Cabo 2 Vias 2x1,5mm <sup>2</sup>	m	1,080	2,99	SINAPI	3,23		
Cabo Fibra Óptica	m	9,500	0,852	COTADO	8,09		
Placa Cega 2x4 C/Suporte	un.	1,000	1,96	SINAPI	1,96		
<b>Resíduos Pintura</b>			<b>Un</b>	<b>Quant.</b>	<b>PU</b>	<b>Fonte</b>	<b>PT</b>
Desempenadeira Lisa	un.	1,000	16	SINAPI	16		
Disco Lixadeira 4.1/2"	un.	1,000	6,09	SINAPI	6,09		
Trincha 2.1/2"	un.	1,000	4,69	SINAPI	4,69		
Trincha 3"	un.	1,000	4,69	SINAPI	4,69		
Rolo Lã 9cm	un.	1,000	10,71	SINAPI	10,71		
<b>TOTAL (R\$)</b>					<b>1.080,53</b>		

\* PU = Preço Unitário - PT = Preço Total  
 Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 4.1.2.1 Referências de Preço Adotadas

Tendo em vista as dificuldades enfrentadas ao aferir as quantidades dos resíduos de acordo com a unidade comercial que os resíduos são disponibilizados no mercado, além das conversões adotadas na Etapa 1 da quantificação, algumas conversões de preços também foram necessárias na precificação.

Alguns materiais identificados são comercializados em peças com tamanhos predefinidos no mercado, como exemplo o gesso acartonado que são disponibilizadas em placas com dimensões (largura e comprimento) padronizadas comercialmente. Para estes materiais, que aqui foram levantados em unidades que permitiam a sua precificação, mesmo que não de forma direta, houve então uma segunda conversão.

Tomando como exemplo o gesso acartonado, o preço identificado no SINAPI foi para uma chapa de gesso acartonado, standard, cor branca, com espessura de 12,5mm e dimensões de 1200mm x 1800mm, com custo de R\$13,89 o m<sup>2</sup>. O mesmo produto comercializado pela empresa Placo Saint-Gobain, apresenta massa equivalente de 8,45kg. A partir deste dado e ao determinar a área total da placa, obtém-se 2,16m<sup>2</sup> e o custo total da placa de R\$30,00, sendo assim, foi possível obter o custo de R\$3,55 por kg (R\$30,00 dividido por 8,45kg).

Contudo, o exemplo mencionado anteriormente foi único e outras conversões necessárias foram mais simples, como a conversão do custo total para um rolo de 100m de cabo flexível de 1,5mm<sup>2</sup> para o valor por metro de cabo.

Além disso, é importante ainda ressaltar que nem todos os materiais puderam ter seu custo vislumbrado no SINAPI e necessitaram de um processo de cotação, conforme foi exposto na metodologia. Para alguns, principalmente para aqueles que tiveram o custo de material reciclado (ou seja, o preço que o material é vendido no mercado de reciclado) aferido, como exemplo o “metal (latas de tinta)”, o processo de cotação não pôde obter 3 preços distintos para obtenção de uma média, visto que na cidade em que o estudo foi realizado, há apenas uma empresa que faz a compra deste tipo de material, logo o preço unitário apresentado é o preço praticado por esta única empresa.

Para os demais materiais que representam a maior parte dos resíduos identificados, o processo de obtenção de preços pelo SINAPI ou por cotação, seguiu conforme estabelecido na metodologia. Por fim, é importante ressaltar que para entulhos que apresentavam diferentes custos para um mesmo produto, tomou-se o cuidado de sempre optar pelo menor valor, evitando-se o superfaturamento do resultado.

## 4.2 Levantamento de Artigos de Reciclagem de RCC (Banco de Dados)

O levantamento de artigos voltados para a reciclagem dos resíduos, teve por objetivo identificar trabalhos que apresentavam alternativas de reciclagem dos resíduos da construção civil, para fomentar a ferramenta com estes trabalhos. Tais trabalhos, posteriormente, foram apresentados como acervo de consulta em uma das opções da ferramenta estudada.

É possível ressaltar que muita dificuldade foi encontrada nesta etapa, em que foi possível concluir que não há muitos trabalhos voltados para a simples reciclagem dos resíduos, que pudessem apresentar alternativas de fácil aplicação das técnicas estudadas, perante o descarte que amplamente vem sendo adotado. Observou-se que os diversos trabalhos tratam de estudar o potencial de reciclagem dos materiais descartados, porém ainda há poucas alternativas científicas que o retirem de condição de resíduo, ou seja, em que o seu descarte é economicamente mais viável que o seu reuso.

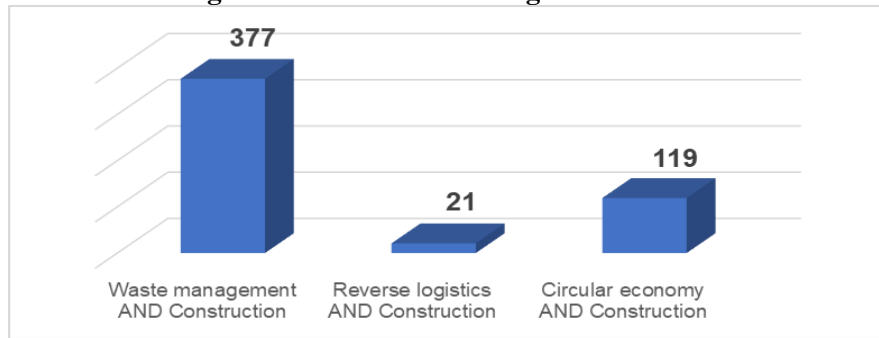
Mediante a este fato, é possível observar no tópico a seguir, a representatividade dos artigos com este objetivo, a partir de uma categorização dos trabalhos identificados no portal de periódicos ScienceDirect®. Em seguida, os resultados da busca de trabalhos voltados para a reciclagem dos RCCs, como foco a simples aplicação e objetivo de alimentar o banco de dados da ferramenta, foi discutido no segundo tópico deste capítulo.

### 4.2.1 Classificação de artigos sobre RCCs

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, o autor teve oportunidade de desenvolver alguns artigos com base nos fundamentos e objetivos deste trabalho. Um deles, realizado em março de 2020, tratou da classificação dos trabalhos científicos sobre RCCs que estão disponíveis em um portal de periódicos, na oportunidade de filtrar e identificar artigos que pudessem atender os requisitos do banco de dados da ferramenta proposta.

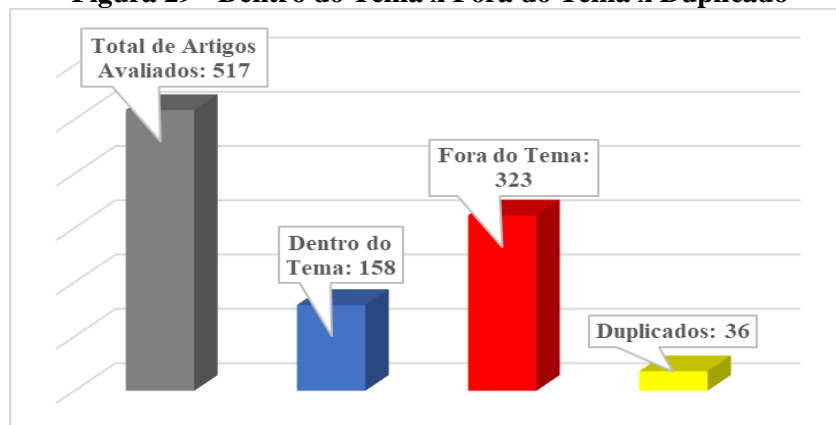
Ao buscar os termos duplos “waste management” e “construction”, “reverse logistic” e “construction”, e “circular economy” e “construction”, para os trabalhos publicados nos anos de 2016-2020 e do tipo “Research Articles”, no portal de periódicos ScienceDirect®, foi possível observar os resultados apresentados na Figura 28. Observa-se que mesmo encontrando um resultado expressivo de trabalhos ao pesquisar poucos termos em um período curto de publicações, poucos trabalhos apresentavam foco específico com a adoção de técnicas simples de reciclagem dos resíduos da construção.



**Figura 28 - Número de Artigos Retornados**

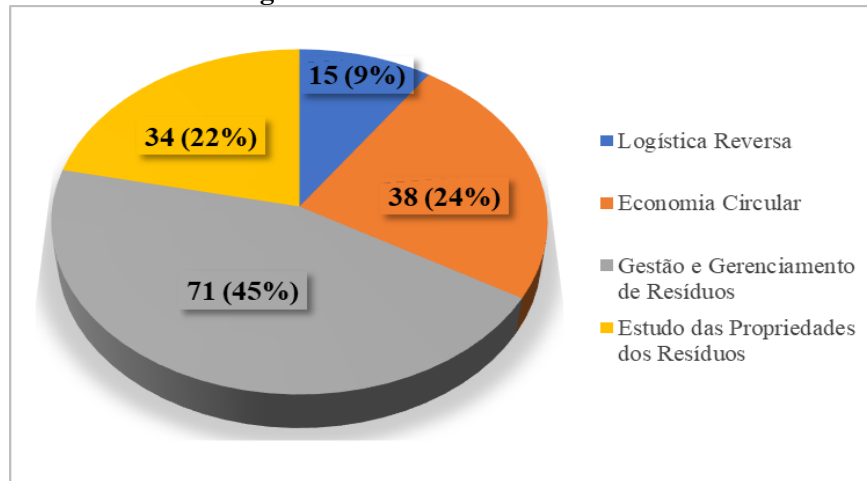
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Todos os artigos identificados foram abertos e tiveram no mínimo o seu resumo e objetivos, lidos e vislumbrados. A partir deste processo de filtragem inicial, foi possível observar que a maior parcela dos artigos estava fora dos temas almejados, e aqueles que se apresentavam dentro do tema, tratavam de uma parcela menor, porém não significativa. Ainda, foi possível observar que a ferramenta de busca retornou resultados em duplicidade, conforme por ser observado na Figura 29.

**Figura 29 - Dentro do Tema x Fora do Tema x Duplicado**

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O total de 359 artigos que estavam fora do tema ou duplicados, foi desconsiderado na próxima etapas de filtragem, principalmente por apresentarem conteúdo distinto do tratamento dos resíduos da construção civil. Para os 158 trabalhos identificados dentro do objetivo buscado, com foco em atender os objetivos do artigo que seria desenvolvido e após a realização da leitura dinâmica de outras partes que compunham os documentos, houve a classificação em “logística reversa”, “economia circular”, “gestão e gerenciamento de resíduos” e “estudo das propriedades dos resíduos”, conforme é apresentado na figura 30.

**Figura 30 - Temática Identificada**

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Por fim, é possível observar que dos 517 artigos alcançados utilizando os termos apresentados, apenas 38 trabalhos tratavam de economia circular e tinha por objetivo a reciclagem de materiais recuperando o valor material do resíduo. Contudo, nem todos apresentavam metodologias de aplicação simples e apenas 14 artigos destes 38 apresentavam alguma técnica que vislumbrava a reutilização de resíduos da construção, com alternativas fáceis e ágeis, o que permitisse a reutilização do material diretamente no canteiro de obra.

A grande maioria destes trabalhos objetivavam o uso dos conceitos de economia circular em ambientes industriais, dependendo de processamento dos materiais para posterior reuso ou reaplicação. Visto que esta pesquisa busca trabalhos que permitam a fácil reutilização do resíduo dentro do próprio canteiro, os documentos que não se enquadravam nestes quesitos foram desconsiderados.

Como foco no desenvolvimento desta pesquisa, esta mesma metodologia foi adotada em outros portais de periódicos, a fim de identificar outros trabalhos que tratassem da reciclagem de resíduos da construção através de alternativas fáceis e com foco na economia circular. Contudo, grandes resultados não foram alcançados, conforme será tratado na seção que segue, mas o objetivo de alimentar a ferramenta com um banco de dados de trabalhos científicos, foi alcançado.

#### 4.2.2 Artigos de reciclagem de RCCs

Ao todo, até o final do desenvolvimento da ferramenta, foram identificados apenas 25 artigos que vislumbravam atender a simples reciclagem dos resíduos da construção civil e que tinham um potencial de ser aplicados diretamente dentro do canteiro de obras. Desta forma, a

ferramenta foi alimentada apenas com estes trabalhos, visto que este não é o objetivo principal e com o foco em concluir os demais alvos desta pesquisa. Os 25 artigos identificados e que alimentaram o software, podem ser vislumbrados na Tabela 6.

**Tabela 6 - Artigos Coletados**

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano de Publicação</b>	<b>Tipo de Resíduo</b>
A reciclagem na construção civil: como economia de custos	PAIVA, P. A.; RIBEIRO, M. de S.	2005	Material Cerâmico e Resíduos Classe A
Aderência do aço-concreto produzido com agregado reciclado	OLIVEIRA, M. J. E. de; ASSIS, C. S. de	2006	Resíduos Classe A
Análise do desempenho de pisos táteis, intertravados, produzidos com agregados de resíduos de construção civil - RCC e fibras de aço	SANTOS, V. R. F. dos	2014	Resíduos Classe A
Application of recycled aggregates from construction and demolition waste with Portland cement and hydrated lime as pavement subbase in Brazil	BEJA, I. A.; MOTTA, R.; BERNUCCI, L. B.	2020	Resíduos Classe A
Aproveitamento de resíduos de construção e demolição para produção de painéis aglomerados	AZAMBUJA, R. de R.	2015	Madeira
Comparison of physical and mechanical properties of civil construction plaster and recycled waste gypsum from São Paulo, Brazil	CORDON, H. C. F.; CARGNONI, F. C.; FERREIRA, F. F.	2019	Gesso
Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective	AKHTAR, A.; SARMAH, A. K.	2018	Resíduos Classe A
Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha	CABRAL, A. E. B.; SCHALCH, V.; DAL MOLIN, D. C. C.; RIBEIRO, J. L. D.; RAVINDRARAJAH, R. S.	2009	Material Cerâmico
Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil	ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M.	2001	Resíduos Classe A
Estudo comparativo de concretos com agregado graúdo reciclado de telha cerâmica e agregado graúdo natural	FONSECA, A. P.	2006	Resíduos Classe A
Mechanical properties of concrete mixed with recycled powder produced from construction and demolition waste	XIAO, J.; MA, Z.; SUI, T.; AKBARNEZHAD, A.; DUAN, Z.	2018	Resíduos Classe A
Móvel de lavabo utilizando madeira de demolição como matéria prima	GEIB, V. R.; OLIVO, V. E.	2015	Madeira
Proposta Verde: aspectos de sustentabilidade em uma pequena marcenaria com ênfase em madeira de demolição	SAMPAIO, C. P. de; DOLZAN, J.	2011	Madeira
Recycled aggregates from construction and demolition wastes as alternative filling materials for highway subgrades in China	ZHANG, J.; DING, L.; LI, F.; PENG, J.	2020	Resíduos Classe A

Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing	SORMUNEN, P.; KARKI, T.	2019	Plástico, Lã mineral, Gesso e Madeira
Recycling of Construction and Demolition Wastes Into Renewable Construction Materials	YAP, P.; GOH, Y.; MO, K. H.; IBRAHIM, H. A.	2020	Resíduos Classe A e Mármore
Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities	FERDOURS, W.; MANALO, A.; SIDDIQUE, R.; MENDIS, P.; ZHUGE, Y.; WONG, H. S.; LOKUGE, W.; ARAVINTHAN, T.; SCHUBEL, P.	2021	Plástico e Vidro
Recycling screening waste and recycled mixed aggregates from construction and demolition waste in paved bike lanes	TAVIRA, J.; JIMENEZ, J. R.; AYUSO, J.; LOPEZ-UCEDA, A.; LEDESMA, E. F.	2018	Resíduos Classe A
Sustentabilidade no mobiliário: Madeira de Demolição	ANTONIOLLI, E. A.; SOUZA, C. R. B.	2015	Madeira
Transition to circular economy in the construction industry: Environmental aspects of waste brick recycling scenarios	FORT, J.; CERNY, R.	2020	Material Cerâmico
Uso de agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimento	CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. V.	2018	Resíduos Classe A
Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications	SILVA, R. B.; BRITO, J. de; DIHR, R. K.	2019	Resíduos Classe A
Utilization of recycled aggregate of construction and demolition waste as a sustainable material	DEVI, S. V.; GAUSIKAN, R.; CHITAMBARANATHAN, S.; JEFFREY, J. W.	2021	Resíduos Classe A
Utilization of recycled form of concrete, E-wastes, glass, quarry rock dust and waste marble powder as reliable construction materials	NASIER, S.	2021	Vidro, Mármore e Resíduos Classe A
Utilizing recycled PET blends with demolition wastes as construction materials	PERERA, S.; ARULRAJAH, A.; WONG, Y. C.; HORPIBULSUK, S.; MAGHOOL, F.	2019	Plástico, Resíduos Classe A e Material Cerâmico

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Além do ScienceDirect®, outros portais de periódicos também foram observados, porém a realidade apresentada neste portal, se repetiu nos demais. Contudo, trabalhos científicos nacionais apresentavam destaque neste quesito, visto que metodologias de simples reaproveitamento dos RCCs vem sendo amplamente pesquisadas por aqui, mesmo que as pesquisas não apresentem a totalidade de resultados viáveis.

É importante ressaltar, que mesmo que o resultado da pesquisa de trabalhos tenha alcançado neste momento uma pequena quantidade, uma ferramenta mobile deve ser otimizada e sofrer modificações a partir da experiência do usuário e à medida que vai sendo difundida. O presente trabalho tem por objetivo propor um protótipo inicial de ferramenta que

além da simples comercialização do resíduo, com foco a atender os princípios da economia circular e da bolsa de resíduos, possa também apresentar alternativas viáveis de reciclagem de resíduos, na oportunidade de reduzir o descarte. Logo a otimização das funcionalidades da ferramenta, devem ser realizada a partir da experiência de uso, que devido ao tempo desta pesquisa e os outros fundamentos tratados, não pôde ser explorada.

Observa-se ainda que alguns artigos foram alcançados, mesmo que a condição de “fácil aplicação em um canteiro de obra” não tenha sido amplamente atendida, pois todos os artigos identificados apresentavam metodologias de reaproveitamento viáveis, mas que não adotavam todos os processos simples de reciclagem. Todavia, os artigos aqui listados, serviram para alimentar o banco de dados da ferramenta e alcançar prospectos de uma das funcionalidades dela.

Por fim, ressalta-se que por se tratar de uma plataforma colaborativa, os métodos aqui adotados na identificação nestes artigos que irão alimentar o acervo inicialmente, poderão ser utilizados por outros usuários a fim de identificar outros trabalhos que também cumpram com a ideia. Desta forma, o método aplicado pode ser entendido como um passo inicial e uma análise da forma de utilizar a ferramenta, ainda no processo de estudo e implementação da proposta.

#### **4.3 Desenvolvimento da Ferramenta: ReConstruir**

Como forma de atender a penúltima fase desta pesquisa, a ferramenta mobile ReConstruir foi desenvolvida, tanto para plataforma Android, quanto para plataforma iOS. Na Figura 31 é possível observar a logomarca e o tema que da aplicação. A ferramenta vislumbra apresentar vias de possibilidades para tratar os resíduos, perante o simples descarte, elencando alternativas técnicas e científicas de reuso dos RCCs comprovadas através de estudos aqui referenciados, e a possibilidade de comercializar os entulhos entre pessoas físicas ou jurídicas, que tenham interesse nos materiais de descarte. Desta forma, além do atendimento aos conceitos e princípios de Economia Circular e do Sistema Integrado da Bolsa de Resíduos, a ferramenta consistirá em uma nova alternativa para tratar resíduos.

**Figura 31 - Logo Ferramenta**

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ainda na logo é possível observar as palavras “reconstruir” e “reciclar”, uma vez que o aplicativo tem por objetivo incentivar a técnica da reconstrução através de vias de reciclagem, seja pela apresentação de formas de reciclar RCCs, ou por apresentar a oportunidade de comercializar estes mesmos materiais em uma plataforma de vendas.

Conforme apresentado na metodologia, a aplicação foi desenvolvida utilizando a plataforma web Adalo®, que permite a programação de aplicações utilizando o conceito no-code, ou seja, programando sem a adoção de uma linguagem de programação específica. Contudo a ferramenta ainda permite a criação a adoção de bancos de dados, o que permitiu atender de forma ampla os objetivos de acervo de artigos e acervo de resíduos para venda.

O desenvolvimento iniciou-se pela implementação na plataforma dos bancos de dados necessários para a adoção das funcionalidades do aplicativo. Além dos bancos apresentados na metodologia (usuário, tipo de resíduo, artigo e produtos), foi necessária a adoção de outros 4 bancos, imprescindíveis para funcionalidades específicas do app: mensagens proposta, mensagens contato, informações de venda e avaliações. Cada banco será melhor apresentado nos tópicos que seguem, na elucidação das funcionalidades a que ele pertence. Na Tabela 6 é possível observar os 7 bancos de dados e as informações (atributos) que são contemplados em cada um.

**Tabela 7 - Bancos de Dados e Atributos**

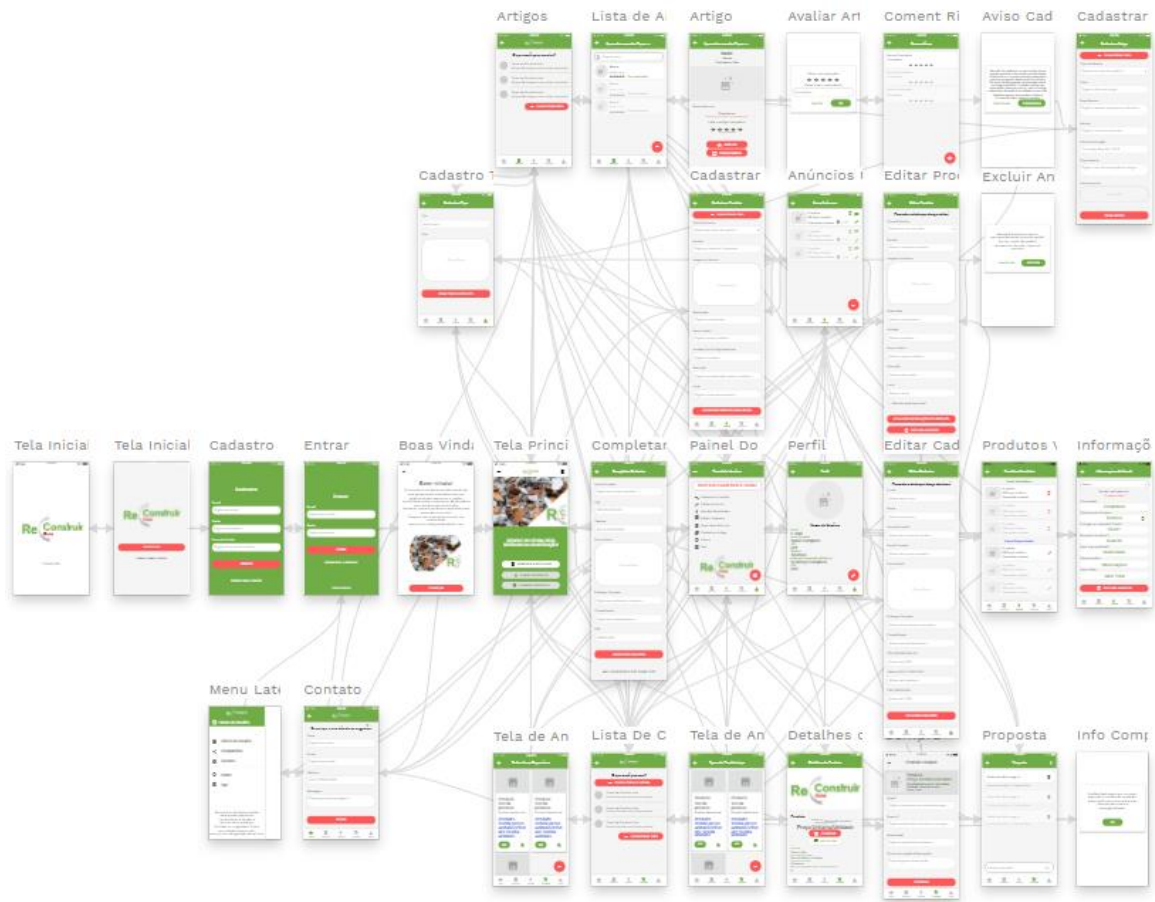
ATRIBUTOS DOS BANCOS								
Bancos de Dados	Users	Tipos de Produtos	Produtos Venda	Artigos Reciclagem	Mensagens Proposta	Mensagens Contato	Informações de Venda	Avaliações
	E-mail	Tipo	Produto	Nome	Texto das Mensagens	Nome	Comprador	Nota
	Senha	Imagem do Tipo	Imagem do Anúncio	Breve Resumo	-	E-mail	Telefone	Comentário
	Nome de Usuário	-	Unidade	Autores	-	Telefone	Local de Entrega	-
	Nome Completo	-	Descrição	Local de Acesso	-	Mensagem	Data de Entrega	-
<b>Atributos</b>	Foto de Perfil	-	Local	Arquivo Anexo	-	-	Quantidade	-
	Endereço Completo	-	Preço Unitário	Data de Publicação	-	-	Data/Hora	-
	Cidade/Estado	-	Disponibilidade	-	-	-	Valor Total	-
	CPF	-	-	-	-	-	Observações	-
	Telefone	-	-	-	-	-	-	-
	CEP	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Todos os atributos apresentados acima receberão domínios (dados) a partir da operação do aplicativo, com informações preenchidas pelo próprio usuário. Além destes, cada conta com atributos de relacionamento, que permite a relação entre 2 ou mais bancos de dados e são necessários para a funcionalidade do software. Um exemplo claro destes relacionamentos, está no banco “tipos de produtos”, que contém um atributo de relacionamento com o banco “produtos venda”, em que todo produto cadastrado para ser ofertado na plataforma de comércio, precisa obrigatoriamente pertencer ao um tipo de produto previamente cadastrado. Estes relacionamentos podem acontecer entre diversos bancos e foram implementados para otimizar as funcionalidades da ferramenta.

Após a inserção dos bancos, o layout da ferramenta e os métodos que permitiam a realização das funcionalidades do aplicativo, foram programados. Para isso 28 telas da aplicação foram criadas, além de 4 telas de caixa de notificação e 1 tela de menu lateral. Na Figura 32 é possível observar de forma não nítida, mas abrangente e global, as 33 telas que compõem o software e a interação (linhas de ligação) entre elas.

**Figura 32 - Telas do Aplicativo**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na apresentação das funcionalidades da aplicação, cada uma das telas será elucidada de forma ampla e nítida. Aquelas que não forem contempladas nesta apresentação, visto a grande quantidade de telas, serão vislumbradas no apêndice desta pesquisa.

Conforme apresentado na metodologia e para que o usuário possa fazer uso das funcionalidades contidas nas 33 telas da ferramenta, inicialmente ele deverá passar por um processo de cadastramento, em que alguns dados preliminares deverão ser informados. Deste modo, o acesso inicial a ferramenta se dá pelo cadastramento de usuário, que permitirá a ele ter acesso a ferramenta através de um login e uma senha, exclusivos. No tópico a seguir serão apresentadas maiores informações sobre o início da operacionalização da ferramenta e o cadastro de informações de usuários.

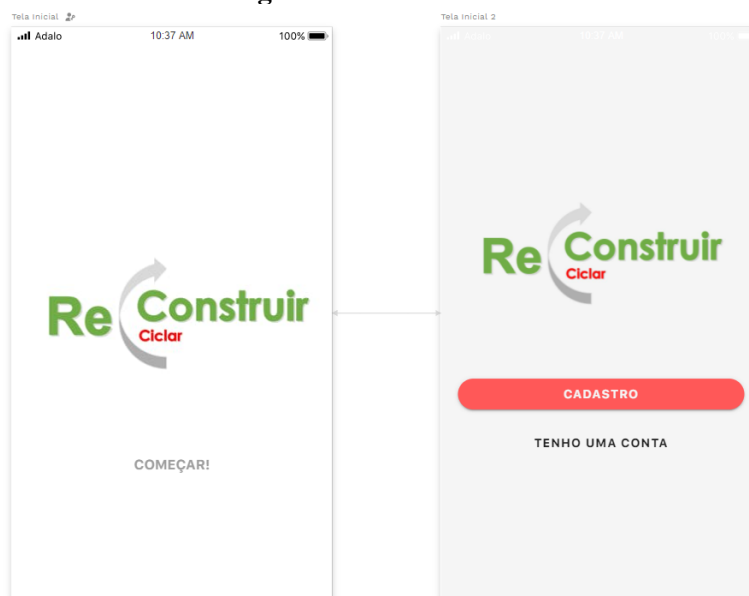
#### 4.3.1 Usuário

Ao acessar a ferramenta, o usuário encontrará em um primeiro momento a página de apresentação (tela inicial), que simplesmente permite o acesso a ela. Ao clicar em “começar”,



ele será automaticamente redirecionado a segunda página (tela inicial 2), em que será indagado a optar pelas opções de “cadastro” (caso seja o seu primeiro acesso) ou “tenho uma conta” (caso ele já tenha se cadastrado na ferramenta em um acesso anterior). As duas telas podem ser vislumbradas na Figura 33.

**Figura 33 - Telas Iniciais**



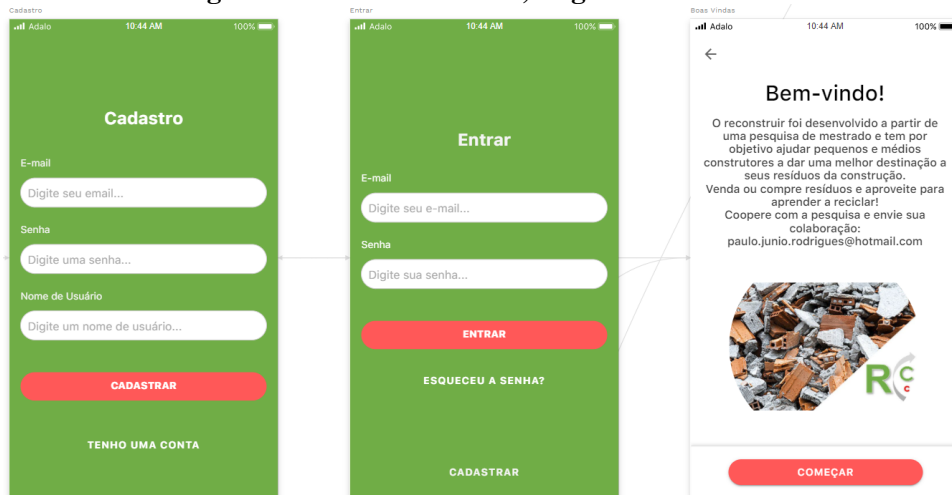
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao optar pela opção “cadastro”, ele será redirecionado para a tela de cadastro preliminar (cadastro), onde ele deverá inserir domínios nos atributos e-mail, senha e nome de usuário. Estas informações serão armazenadas no banco de dados “Users”. Ao preencher as informações e ao clicar na no botão “cadastrar”, as informações serão inseridas no banco e o usuário será redirecionado à tela de “boas-vindas”. Porém, ainda na tela de “cadastro”, caso o usuário já tenha realizado o seu cadastro preliminar, ele poderá clicar na opção “tenho uma conta”, que permitirá a ele ter acesso a página de login da aplicação (entrar). Esta mesma página poderá ser acessada, caso na tela anterior (tela inicial 2) ele tenha optado pela opção “tenho uma conta”.

Na tela “entrar”, para os usuários já cadastrados, deverão ser inseridas as informações de e-mail e senha, seguido do clique ao botão “entrar”, o que permitirá ao usuário acessar a página de “boas-vindas”. Ao preencher as informações na tela “entrar”, estas não serão inseridas no banco, visto que elas já constam nele. O ato de preencher estas informações aqui, é necessário para que o usuário tenha acesso aos dados relacionados ao seu login (produtos a venda, mensagens propostas, etc.), ou seja, para que o usuário entre na ferramenta com seu

login e tenha acesso as informações pertencentes a ele. Na figura 34 é possível observar as 3 telas comentadas nestes dois últimos parágrafos.

**Figura 34 - Telas de Castro, Login e Boas-vindas**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na tela de “boas-vindas” são apresentadas informações institucionais em relação a ferramenta, além de ser disponibilizado um e-mail para que os usuários possam fazer sugestões sobre ela. Além disto, nela também se encontra o botão “começar”, que ao ser clicado permite que o usuário seja redirecionado para a “tela principal” da ferramenta, que é apresentada na Figura 35.

**Figura 35 - Tela Principal**

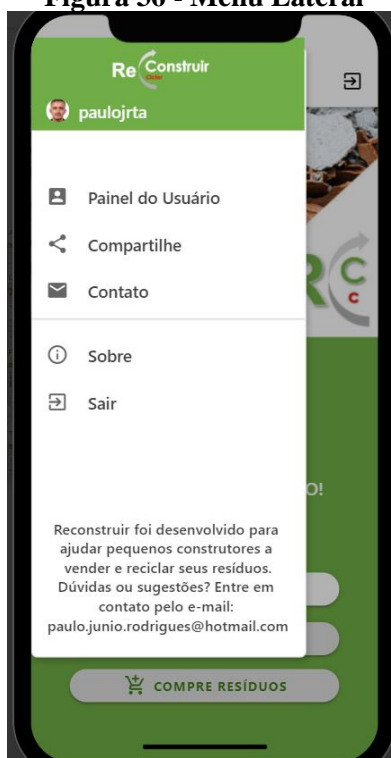


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A tela principal, como o próprio nome diz, é a tela de acesso principal da ferramenta, que permite ao usuário ter acesso inicial a todas as funcionalidades dela. Ela é composta pelo botão superior esquerdo (acesso à tela “menu lateral”), botão superior direito (sair da aplicação), botão central “aprenda a reciclar” (acesso à plataforma de catálogo de artigos, iniciando pela tela “artigos”), botão central “venda resíduos” (acesso às funcionalidades para comercializar um resíduo) e botão central “compre resíduos” (acesso à tela “lista de compras”, onde o usuário terá acesso à lista de resíduos que estão sendo ofertados na ferramenta).

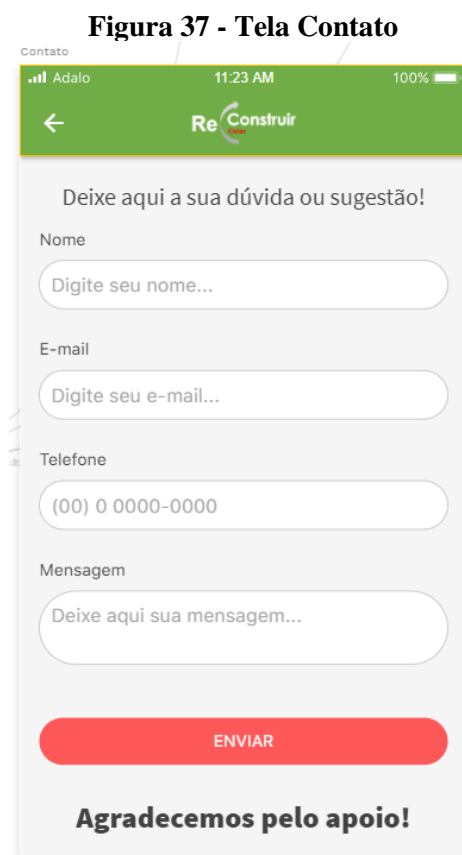
Na tela “menu lateral” que é apresentada Figura 36, o usuário poderá verificar se o usuário logado é ele mesmo, através da foto e do nome de usuário que é mostrado na parte superior da tela. Poderá também, ao clicar na opção “painel de usuário”, ser redirecionado à esta tela de mesmo nome, em que encontrará funcionalidades específicas do usuário. Além disso, poderá ter acesso às opções “compartilhe” (para compartilhar a ferramenta por e-mail a outras pessoas), “contato” (em que o usuário será redirecionado a tela “contato”, que o permitirá enviar uma mensagem aos desenvolvedores), “sobre” (o usuário retornará a página “boas-vindas”, para ter acesso às informações institucionais) e “sair” que apresenta a mesma função do botão superior direito da tela principal. Cabe ressaltar que este menu lateral poderá ser acessado em outras páginas da aplicação.

**Figura 36 - Menu Lateral**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na Figura 37 é possível vislumbrar a tela “contato”. Nela o usuário poderá enviar dentro da própria ferramenta, uma mensagem aos desenvolvedores, contendo informações de nome, e-mail, telefone e mensagem. As informações inseridas aqui, após o clique no botão “enviar”, serão automaticamente escritas no banco de dados “mensagens contato”. Nesta página, não é necessário o preenchimento obrigatório de todos os campos. Isto é necessário, caso o usuário queira enviar uma mensagem sem ser identificado.



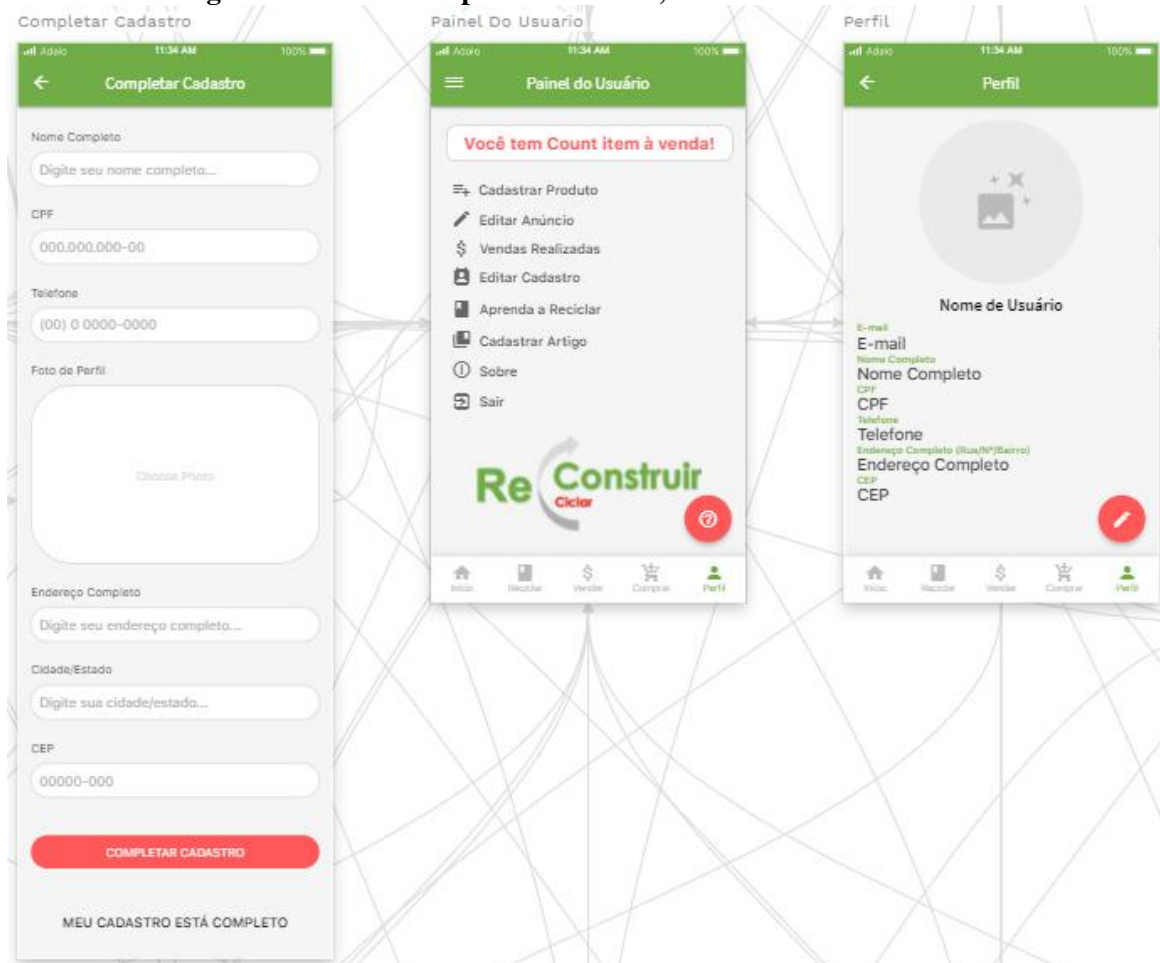
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Retornando às funcionalidades da tela principal, conforme já elucidado, no menu central o usuário terá acesso às opções “aprenda a reciclar”, “venda resíduos” e “compre resíduos”. Ao clicar pela primeira vez na opção “venda resíduos”, o usuário será redirecionado a tela “completar cadastro”, em que deverá obrigatoriamente preencher outras informações do seu cadastro. O acesso às outras funcionalidades da ferramenta será liberado apenas após a inserção destas informações. Contudo, caso o usuário já tenha preenchido estes dados anteriormente, o clique no botão “venda resíduos” o redirecionará à tela “anúncios do usuário”, que ainda será apresentada neste texto.

O preenchimento das informações adicionais do cadastro, permite também o que usuário passe a ter acesso a tela “painel de usuário” (que pode ser acessada pelo botão “painel

de usuário”, na tela “menu lateral”, conforme foi apresentado anteriormente. Nesta tela o usuário terá controle sobre suas ações na ferramenta. Inicialmente, na caixa de texto apresentada na parte superior da tela, ele poderá vislumbrar o número de itens anunciados que ele tem cadastrado na plataforma de comércio. Logo abaixo, terá acesso a um segundo menu contendo segundo as seguintes opções: “cadastrar produto” (redireciona o usuário a tela “cadastrar produto”, que permitirá ao usuário cadastrar um item para venda), “editar anúncio” (redireciona para tela “anúncios do usuário”), “vendas realizadas” (redireciona para “produtos vendidos”), “editar cadastro” (redireciona o usuário para tela “perfil”), “aprenda a reciclar” (tem a mesma função do botão apresentado com este nome na “tela principal”), “cadastrar artigo” (redireciona para tela “cadastrar artigo”, que ainda será apresentada), “sobre” (redireciona o usuário a tela de “boas-vindas”) e “sair”. Além disso, ainda nesta tela, o usuário terá acesso ao botão flutuante vermelho (com símbolo de interrogação) que o redirecionará para tela “contato”, onde é possível enviar uma dúvida. Na Figura 38 são apresentadas as telas completar cadastro, painel de usuário e perfil, mencionadas nos dois últimos parágrafos.

**Figura 38 - Telas Completar Cadastro, Painel de Usuário e Perfil**

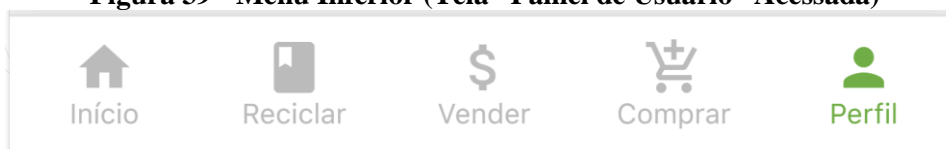


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na tela “perfil” (acessada ao clicar na opção “editar cadastro”), o usuário poderá vislumbrar suas informações cadastradas (foto, nome de usuário, e-mail, nome completo, cpf, telefone, endereço completo e CEP). Poderá também, ao clicar sobre o botão flutuante vermelho com o símbolo de caneta, editar as informações apresentadas ao ser redirecionado para tela “editar cadastro”. Nesta tela o usuário encontrará campos semelhantes à tela “completar cadastro”, porém terá a sua disposição o botão “atualizar cadastro”, que irá sobrescrever os novos dados inseridos, sobre aqueles que foram anteriormente preenchidos no primeiro acesso a ferramenta.

Nas telas “painel de usuário” e “perfil” é possível observar o menu inferior, que irá aparecer em diversas outras telas e que é apresentado na Figura 39. Neste menu é possível observar 5 botões que dão acesso rápido (atalhos) a determinadas telas do aplicativo: “início” (redireciona a “tela principal”), “reciclar” (acesso à plataforma de catálogo de artigos, iniciando pela tela “artigos”), “vender” (redirecionar a tela “anúncios do usuário”), “comprar” (acesso à tela “lista de compras”) e “perfil” (acesso ao “painel de usuário”). À medida que o usuário navega pelas telas da aplicação, os botões se acenderão (cor verde), identificando o grupo de telas que o usuário está. Na Figura 39 ainda é possível observar que o usuário está em alguma das telas que pertencem ao grupo “perfil” (composto pelas telas “painel do usuário”, “perfil”, “editar cadastro” e “cadastrar tipo”, que será nos textos que seguem).

**Figura 39 - Menu Inferior (Tela “Painel de Usuário” Acessada)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

As informações apresentadas neste tópico, competem às ações que o usuário terá sobre seus dados cadastrados na ferramenta. Porém, além de cadastrar um usuário e ter controle sobre suas informações, o usuário terá acesso às duas principais funcionalidades do software, que são a “plataforma de comércio” e o “acervo de artigos”. Nos dois tópicos 4.3.2 e 4.3.3 estas funcionalidades serão melhor apresentadas e suas telas serão elucidadas.

#### 4.3.2 Plataforma de Comércio de Resíduos

Conforme apresentado na metodologia, a ferramenta desenvolvida tem por objetivo atender os conceitos de comercialização de resíduos e acervo de materiais que tratem sobre a

reciclagem dos entulhos. Neste intuito, as funcionalidades da ferramenta se dividem em uma plataforma de compra e venda de resíduos, em que os usuários podem comprar ou vender entulhos, e um banco de dados colaborativo, onde os usuários podem depositar trabalhos científicos que tratem sobre a reciclagem de RCCs ou acessar e fazer a leitura destes arquivos.

Na plataforma de comércio, o desenvolvimento ocorreu de forma que a ferramenta pudesse servir como uma intermediadora em negociações de resíduos. Deste modo, um usuário que deseja adquirir resíduos, pode encontrá-los através de uma loja que disponibiliza produtos que são ofertados por outros usuários. Enquanto um usuário que queira vender seus resíduos, poderá dispô-los, negociá-los e vendê-los nesta mesma loja. A partir disso, a ferramenta pode ser dividida em uma seção de “compra de resíduos” e uma seção de “venda de resíduos”, que na verdade estão dentro da mesma plataforma de comércio e fazem uso dos mesmos bancos de dados. Porém, esta divisão permitiu o desenvolvimento da ferramenta e permitirá também uma melhor elucidação sobre ela neste documento.

Contudo, desde já é importante ressaltar que por mais que a plataforma se mostre completa para atender usuários que queiram comprar ou vender resíduos, ela não permitirá a realização de transações financeiras internamente. Ou seja, deste modo ela é proposta para intermediar as negociações e fazer a ligação entre vendedores e compradores de resíduos, porém a efetivação da compra com a transação do produto e do valor monetário, deverá ser realizada de forma externa. Isto foi necessário pois o desenvolvimento teve por objetivo obter uma aplicação mobile que pudesse ser operada por seus usuários, sem depender de uma equipe de suporte em tempo integral. Uma vez que para a efetivação de transações monetárias dentro da própria ferramenta, esta equipe citada seria necessária.

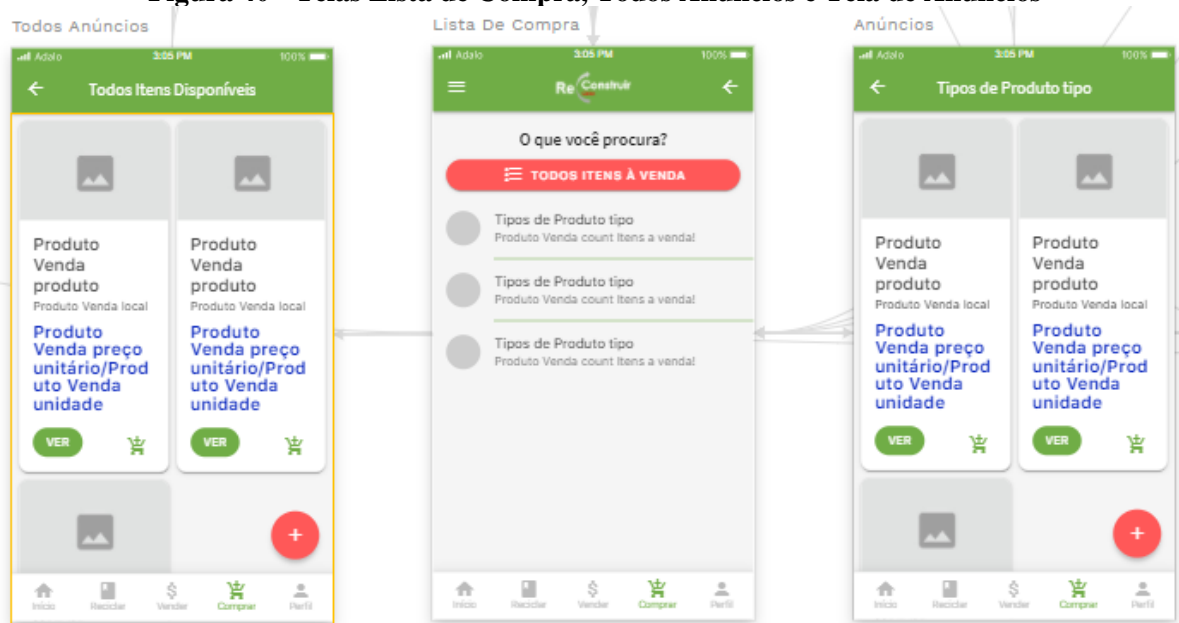
#### 4.3.2.1 Compra de Resíduos

Na “tela principal” da ferramenta ReConstruir, ao clicar no botão “compre resíduos”, o usuário será redirecionado para a tela “lista de compra”. Nesta tela ele encontrará uma listagem dos tipos de resíduos que estão sendo ofertados. Ao selecionar um tipo, o usuário será redirecionado à tela “anúncios”, onde serão apresentados os resíduos ofertados por outros usuários, que competem àquele tipo selecionado.

Ainda na tela “lista de compras”, o usuário poderá selecionar também o botão “todos itens à venda”, e ao fazer, será redirecionado para a tela “todos anúncios”. Nesta tela ele poderá visualizar todos os resíduos que estão sendo ofertados na plataforma, em ordem

alfabética, sem que haja um filtro por tipo de resíduo. Na Figura 40 é possível observar as telas citadas anteriormente.

**Figura 40 - Telas Lista de Compra, Todos Anúncios e Tela de Anúncios**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

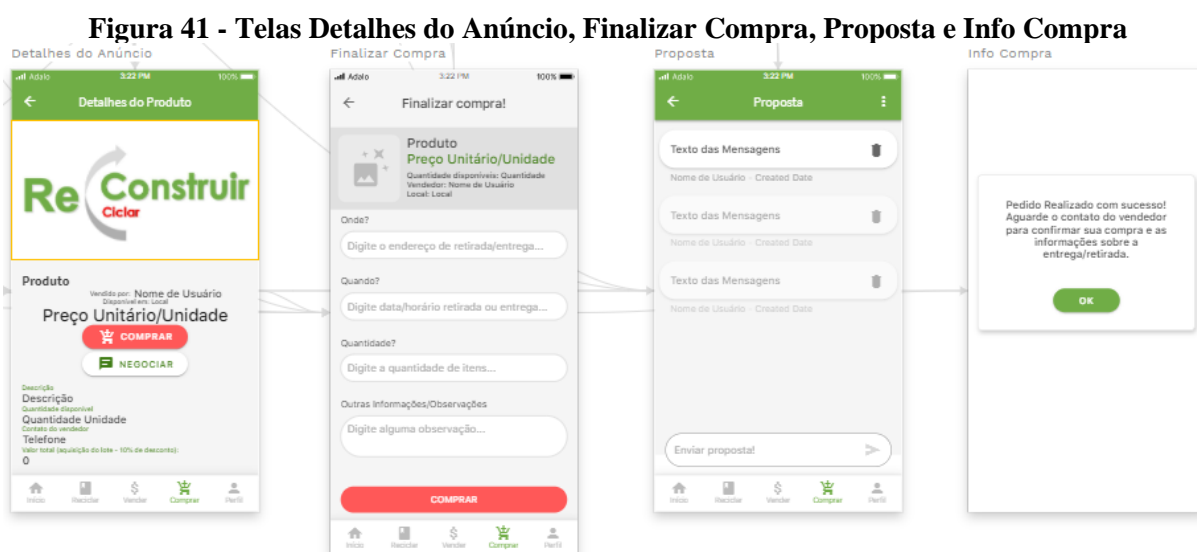
Tanto na tela “anúncios”, quanto na tela “todos anúncios”, o usuário estará diante de uma listagem em forma de cartões contendo produtos ofertados. Cada um dos cartões apresentará uma foto do produto, o nome, o local de disponibilização, o preço unitário e os botões “ver” e comprar (representado pelo símbolo “carrinho de compras”).

Ao selecionar a opção “ver” em um dos cartões, o usuário será redirecionado para a tela “detalhes do anúncio”, onde poderá observar maiores informações sobre o produto, como informações sobre o vendedor e quantidade de itens disponíveis. Ainda nesta tela, o usuário terá a sua disposição os botões “comprar” e “negociar”.

Ao clicar no botão “comprar”, ele será redirecionado para a tela “finalizar compra”, onde verá informações resumidas sobre o produto escolhido, e a partir do preenchimento de um formulário breve, poderá efetivar a compra clicando no botão “comprar”. Ao realizar o clique, uma caixa de mensagem será exibida (tela “info compra”) confirmando a efetivação da compra. Os dados preenchidos no formulário da tela “finalizar compra”, serão alocados no banco de dados “informações de vendas” e serão exibidos ao vendedor do item, quem além deles, terá acesso também às informações do usuário que efetivou a compra, além da data e horário de realização.



Já ao selecionar o botão “negociar” na tela de “detalhes do anúncio”, o usuário será redirecionado a tela “proposta”. Nesta tela, o usuário poderá enviar uma mensagem ao vendedor do item. Esta mensagem será alocada no banco de dados “mensagens proposta” e o vendedor (usuário que anunciou o item) poderá visualizá-la na sua plataforma de venda, além de poder também enviar uma mensagem de resposta. Na Figura 41 é possível observar as telas e funcionalidades que foram citadas nos últimos 4 parágrafos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ainda nas telas “anúncio” e “todos anúncios”, o usuário terá sua disposição o botão flutuante vermelho com o símbolo do sinal “+”. Ao clicar sobre este botão, o usuário será redirecionado à seção de venda de resíduos e terá acesso inicialmente à tela “cadastrar produto”, que o permitirá inserir na plataforma um item para venda.

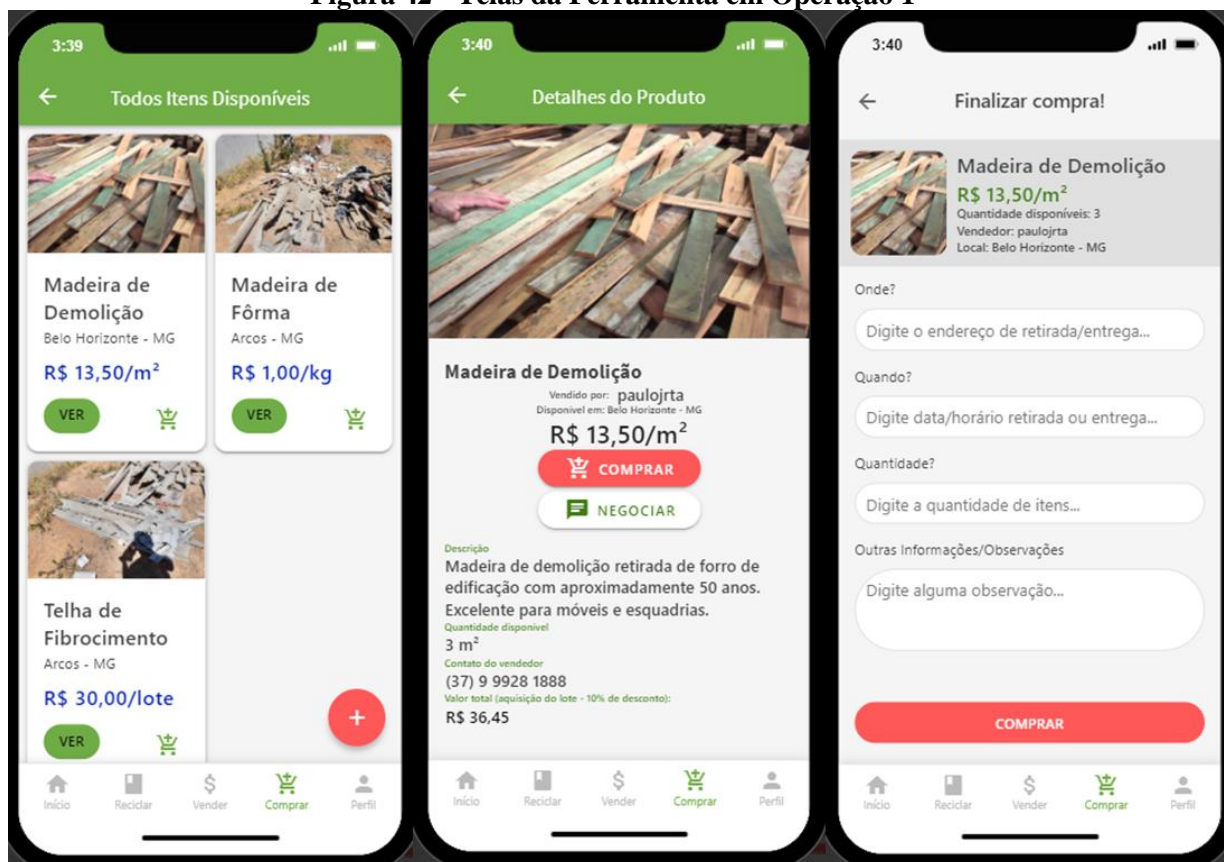
Já na tela “finalizar compra”, as informações que deverão ser preenchidas pelo usuário que deseja comprar um produto ofertado são: “Onde?” (o usuário deverá informar o local para entrega do produto ou para retirada), “Quando?” (o usuário deverá informar data e horário para retirar o produto ou receber a entrega), “Quantidade?” (o usuário deverá informar a quantidade de itens que deseja adquirir, mediante a quantidade de itens disponíveis, informada na tela “detalhes do anúncio”) e “Outras Informações/Observações” (campo livre e não obrigatório, para o usuário deixar alguma observação ou informação adicional, ao vendedor do produto). Vale ressaltar ainda, que após clicar no botão “comprar”, o produto tem sua disponibilidade alterada e é removido automaticamente da lista de produtos ofertados.

Por fim, observa-se que a ferramenta no que tange as funcionalidades de compra, é simples e de fácil operação. Para sua operacionalização, é necessário apenas que haja itens em

ofertas e que usuário que deseja comprar algum item, tenha entrado na ferramenta com suas informações de acesso.

Contudo, para que a ferramenta possa ser melhor elucidada neste documento, na Figura 42 são apresentadas as telas “todos anúncios”, “detalhes do anúncio” e “finalizar compra”, com a ferramenta em operação. Desta forma é possível ter uma observação clara de qual será a experiência do usuário ao fazer o uso da aplicação.

**Figura 42 - Telas da Ferramenta em Operação 1**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.3.2.1 Venda de Resíduos

Na “tela principal”, ao selecionar a opção “venda resíduos” e estando impreterivelmente com as informações cadastrais completas, o usuário será redirecionado à tela “anúncios usuários”. Nesta tela o usuário poderá observar todos os itens que ele próprio está ofertando, a partir de uma listagem de cartões. Cada cartão apresentará foto, nome do produto, preço unitário e quantidade de itens, dos seus produtos que estão em oferta. Ainda neste cartão, o usuário terá acesso a 4 botões em forma de ícone, sendo eles: lixeira, propostas, editar e desativar.

O botão “lixeira” (representado pelo símbolo de uma lixeira em cor verde) permite ao usuário excluir o item em oferta. Ao ser clicado, uma caixa texto (tela “excluir anúncio”) é aberta para confirma a exclusão e o usuário deverá optar pelos botões “excluir” (efetiva a exclusão e remove as informações do banco de dados “produto venda”) ou “cancelar”, que retorna a tela anterior e não procede com a exclusão.

Já o botão “propostas” (representado pelo símbolo de mensagem em cor verde), ao ser clicado irá redirecionar o usuário a tela “propostas” (apresentada no tópico anterior), onde o usuário poderá visualizar e responder propostas recebidas sobre aquele produto.

O botão “editar” (representado pelo símbolo de uma caneta em cor verde), ao ser clicado irá redirecionar o usuário para tela “editar produto”, o usuário poderá inserir novas informações sobre o produto selecionado e sobrescrever estas informações no banco de dados “produtos venda”, ao clicar no botão “atualizar informações do produto”. Ainda na tela “editar produto”, o usuário terá a sua disposição também o botão “excluir”, que apresenta a mesma funcionalidade que o botão “lixeira”, apresentado anteriormente.

Por fim, no cartão ainda é exibido o botão “desativar”, que através de seu ícone em forma de slide (se ativo, fica verde e aparece a palavra “on”, se inativo, fica cinza e mostra a palavra “off”) permite ao usuário ativar ou desativar a publicação de uma oferta. Ao desativar, o anúncio não será mostrado na lista de produtos ofertados na seção de compras, mas ainda ficará alocado nas informações do usuário, podendo ser reativado mais tarde.

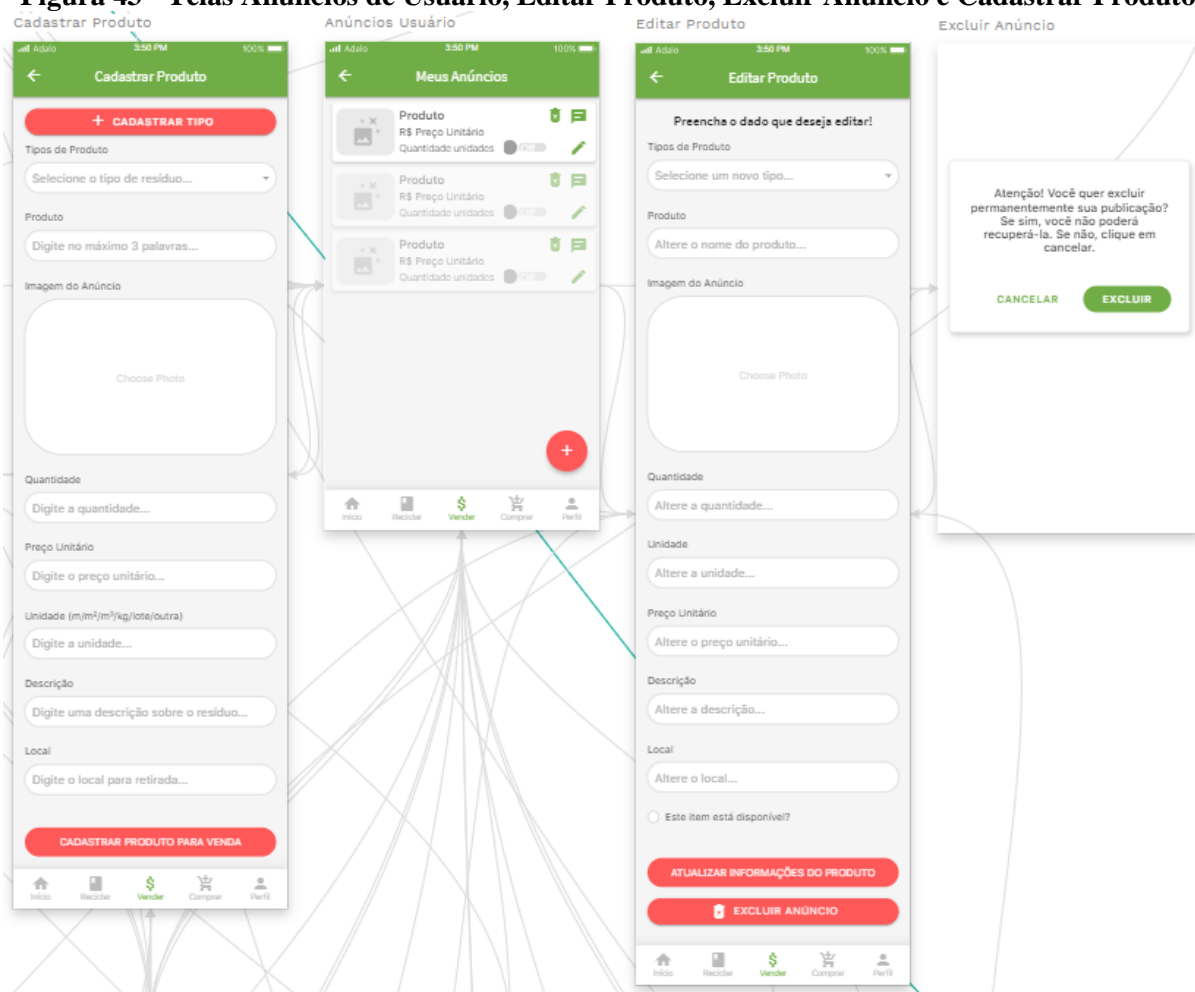
Retornando à tela “anúncios usuários”, além da listagem em cartões de produtos ofertados, o usuário terá também a sua disposição o botão flutuante vermelho com o sinal “+”, para cadastrar um novo item para venda. Ao ser clicado, este botão irá redirecionar o usuário à tela “cadastrar produto”. Nesta tela, ao selecionar um tipo de resíduo e inserir informações de nome do produto, imagem, quantidade, preço unitário, unidade de medida, descrição e local de disponibilização, o usuário poderá cadastrar um novo produto para venda, clicando, em seguida, no botão “cadastrar produto para venda”. Ao realizar a ação de clique, as informações inseridas serão alocadas no banco de dados “produtos venda” e estarão relacionadas ao usuário que realizou o cadastro, podendo apenas ele editar ou excluir o produto ofertado.

Ainda na tela “cadastrar produto”, o usuário ao abrir a seleção do tipo de resíduo e não encontrar o que é buscado, poderá cadastrar um novo tipo clicando no botão “cadastrar tipo”. Ao realizar o clique, o usuário será redirecionado à tela “cadastrar tipo”. Nesta tela, ele poderá realizar o cadastro de um novo tipo de resíduo ao inserir as informações tipo (nome do tipo de resíduo) e foto (imagem do tipo), e em seguir clicar no botão “criar tipo de produto”. No

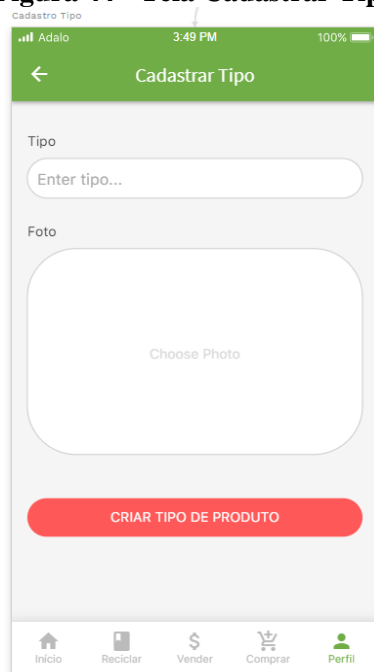
momento do clique, as informações inseridas serão alocadas no banco de dados “tipos de resíduos”. A partir de um tipo de resíduo cadastrado, produtos para venda e artigos sobre reciclagem poderão ser inseridos na plataforma, com uma relação (ligação) direta a um determinado tipo, o que permitirá realizar ações internas de filtragem de informações.

Para melhor contextualizar as telas e funcionalidades citadas no texto deste tópico, na Figura 43 são apresentadas as telas “anúncios de usuário”, “editar produto”, “excluir anúncio” e “cadastrar produto”. A seguir, será apresentada também a Figura 44, com o objetivo de elucidar a tela “cadastrar tipo”, que pode ser acessada a partir da tela “cadastrar produto”.

**Figura 43 - Telas Anúncios de Usuário, Editar Produto, Excluir Anúncio e Cadastrar Produto**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 44 - Tela Cadastrar Tipo**

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Além das funcionalidades de cadastro e edição de itens para venda, o usuário poderá também gerenciar as vendas que são realizadas. Para isso, o usuário deverá acessar a tela “painel de usuário”, seja pelo menu lateral ou pelo ícone “perfil” no menu inferior, conforme já foi apresentado anteriormente.

Na tela “painel de usuário” ao selecionar a opção “vendas realizadas”, o usuário será redirecionado para a tela “produtos vendidos”. Nesta tela ele poderá visualizar duas listagens: itens vendidos e itens disponíveis. A primeira apresentará cartões com informações resumidas sobre seus itens cadastrados que foram vendidos, enquanto a segunda apresentará cartões também com informações resumidas sobre os seus itens que ainda estão disponíveis, ou seja, não receberam intenções de compra.

Nos cartões da segunda listagem, estará disponível em cor vermelha o ícone-botão “caneta”, que ao ser clicado irá redirecionar o usuário para a tela “editar produto”, que foi apresentada anteriormente.

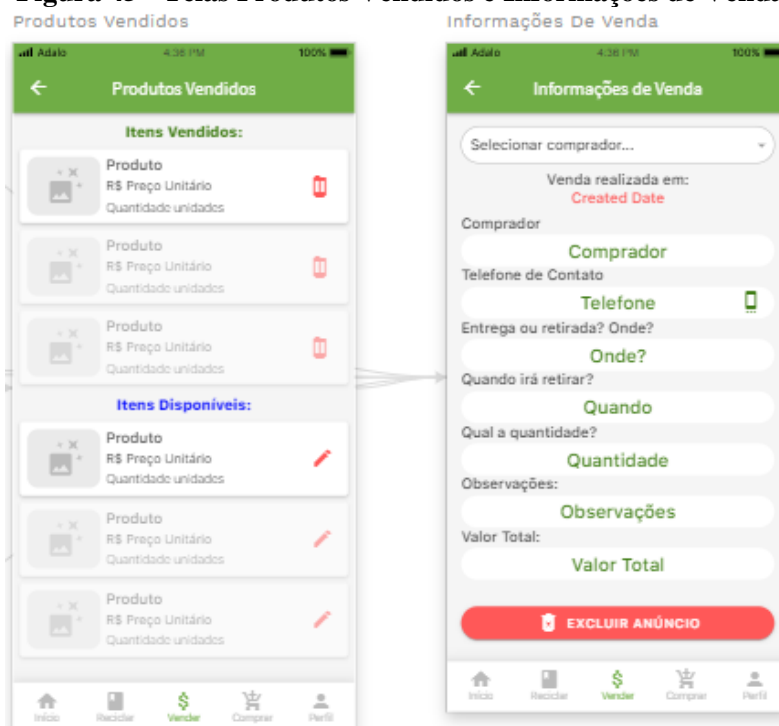
Já nos cartões da primeira listagem, estará disponível também em cor vermelha, o ícone-botão “informações”. Ao ser clicado, este botão irá redirecionar o usuário para a tela “informações de venda”. Nesta tela, em sua parte superior, ao clicar na seta que está a frente do texto “Selecionar comprador...”, um menu oculto será aberto e o nome de usuário do comprador (ou dos compradores, no caso de um item que foi vendido em frações), será exibido. Ao selecionar um dos nomes, as informações sobre data e hora da venda, nome do

comprador, telefone de contato, dados sobre local de entrega ou retirada, quantidade comprada, observações e valor total, serão automaticamente exibidas. A partir da exibição destas informações, o usuário que anunciou o produto poderá entrar em contato com o usuário que realizou a compra e assim efetivá-la.

Ainda na tela “informações de venda”, em sua parte inferior, o usuário terá acesso ao botão “excluir anúncio”. Ao clicar, a caixa de mensagem de confirmação da exclusão (tela “excluir anúncio”) será aberta e ele deverá confirmar ou cancelar a exclusão. Contudo, este botão inserido aqui, deve ser usado com atenção, pois ao excluir um anúncio, as informações dos compradores serão também excluídas, visto a relação entre os bancos de dados “produtos venda” e “informações vendas”. Uma vez que as informações de uma venda pertencem a um produto anunciado, se o produto é excluído, a informação também é. Sendo assim, caso o usuário confirme a exclusão, os dados alocados no banco de dados “produtos venda” e “informações vendas”, serão automaticamente apagados.

Na Figura 45 é possível observar as telas “produtos vendidos” e “informações de venda”, além das funcionalidades que foram citadas anteriormente. Cabe ainda ressaltar que na tela “informações de venda”, à frente do número de telefone exibido de um comprador, é apresentado o ícone-botão “telefone” em cor verde. Ao clicar sobre este ícone, o número é discado automaticamente e a chamada para este contato se inicia.

**Figura 45 - Telas Produtos Vendidos e Informações de Venda**



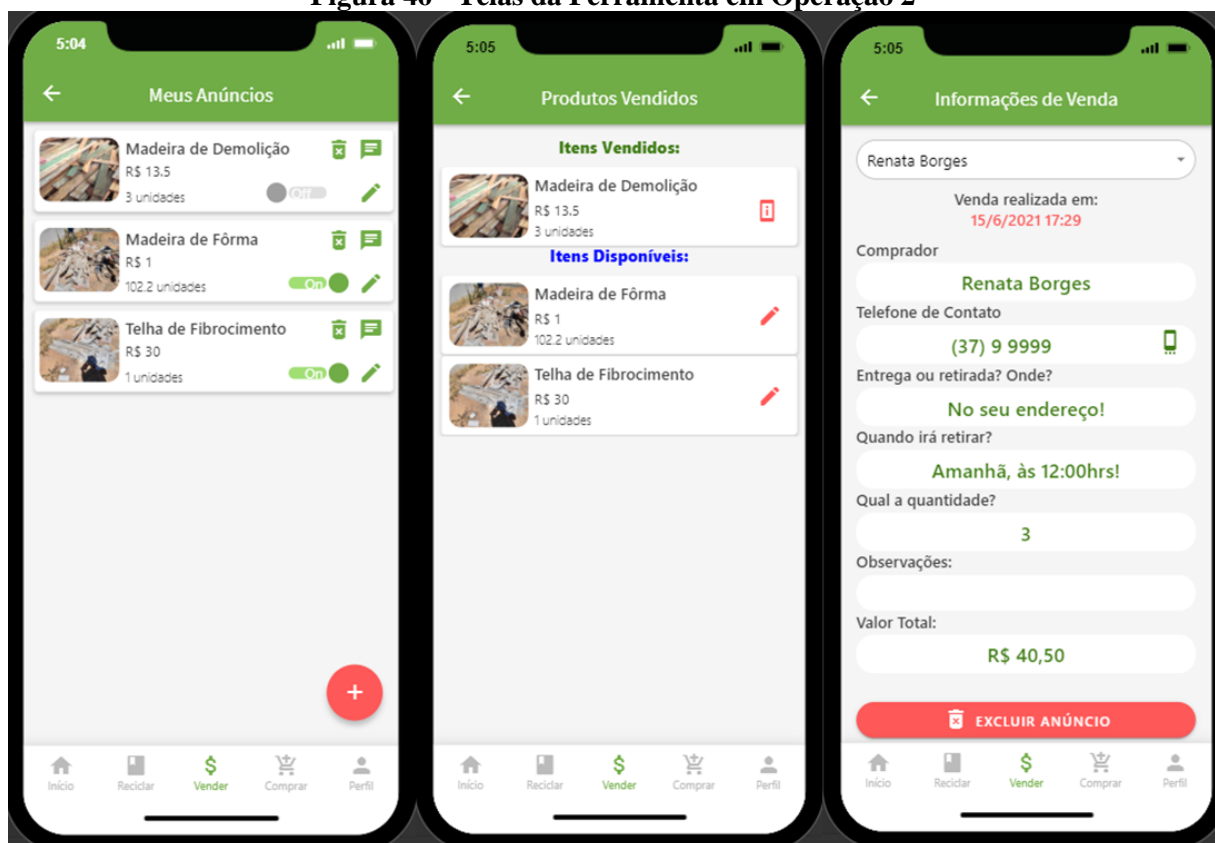
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Sobre a seção de venda de resíduos, é possível observar que as funcionalidades são intuitivas e por mais que se apresentem em maior volume do que na seção de compra de resíduos, não ocasionam dúvidas que impossibilitem o uso da ferramenta.

Durante toda a programação, houve-se grande preocupação em desenvolver uma aplicação que seja interativa e de fácil acesso. Para que isso fosse cumprido, mensagens de texto são dispostas em diversas telas para auxiliar o uso. Todavia, caso o usuário encontre dificuldade no uso, a opção “contato” disposta no menu lateral, foi adotada para que o usuário possa sanar e esclarecer suas dúvidas.

Por fim, para que seja possível elucidar a experiência que o usuário terá ao utilizar a ferramenta, na Figura 46 são apresentados “anúncios usuário”, “produtos vendidos” e “informações de vendas”, capturadas com a ferramenta em operação. Desta forma é possível visualizar melhor as listagens, funcionalidades e informações comentadas.

**Figura 46 - Telas da Ferramenta em Operação 2**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para que a ferramenta atendesse aos conceitos do sistema de bolsa de resíduos, a plataforma de comércio foi desenvolvida. Contudo cabe ressaltar que ela também atende aos

princípios da economia circular, uma vez que os resíduos comercializados deixam de ser descartados, recebem valor de mercado e serão reutilizados.

Porém, para que estes princípios sejam efetivamente atendidos, houve o desenvolvimento do acervo de artigos, com o intuito de dispor ao usuário um banco de dados colaborativos com trabalhos sobre reciclagem de RCCs. Sendo assim, no tópico que segue, o catálogo de artigos que pode ser acessado através do botão “aprenda a reciclar”, contido na “tela principal” da ferramenta, será apresentado.

#### 4.3.3 Catálogo de Artigos Colaborativo (Aprenda à Reciclar)

A principal funcionalidade da aplicação no que tange propor uma ferramenta que permita ao usuário ter acesso as técnicas cientificamente comprovadas sobre como reciclar RCCs, pode ser acessada a partir da “tela principal” e clicando na opção “aprenda a reciclar”. Após o clique, o usuário é redirecionado para a seção de acervo de artigos, que tem por objetivo dispor aos usuários artigos científicos livres e publicados em outras plataformas, que tratem de técnicas de simples reciclagem dos resíduos da construção civil.

Inicialmente, após clicar em “aprenda a reciclar”, o usuário será redirecionado para tela “artigos”. Nesta tela, semelhante às funcionalidades da tela “lista de compra”, o usuário irá visualizar uma lista com os tipos de resíduos que contém artigos publicados na ferramenta. Cabe ressaltar que a quantidade de artigos publicados pode ser observada embaixo de cada tipo de resíduo. Além desta lista, ao final dela o usuário terá acesso ao botão “cadastrar tipo”, que ao ser clicado irá redirecionar o usuário à tela “cadastrar tipo”. Deste modo e visto que o acervo tem vias de colaboração entre os usuários, caso um usuário identifique que não há um tipo de resíduo específico sobre um artigo que ele queira inserir na ferramenta, ainda nesta página ele poderá cadastrar o novo tipo.

Ainda na tela “aprenda a reciclar”, ao selecionar um tipo de resíduo, o usuário será redirecionado à tela “lista de artigos”. Nesta tela, ele poderá visualizar uma listagem em cartões que apresentaram os artigos publicados por ele e por outros usuários sobre o tipo de resíduo selecionado. Cada cartão apresentará o nome do artigo, os autores, a data de publicação, a média de avaliações em estrelas, a quantidade de avaliações, além da imagem do tipo selecionado.

Nesta tela, o usuário terá acesso também ao botão flutuante em cor vermelha com o sinal “+”, que ao ser clicado, apresentará uma caixa de texto (tela “aviso cadastro artigo”) com uma mensagem de aviso sobre o cadastro de artigos e em seguida redirecionará à tela



“cadastrar artigo”. Esta mesma tela também pode ser acessada pela tela “painel do usuário”, ao clicar na opção “cadastrar artigo”.

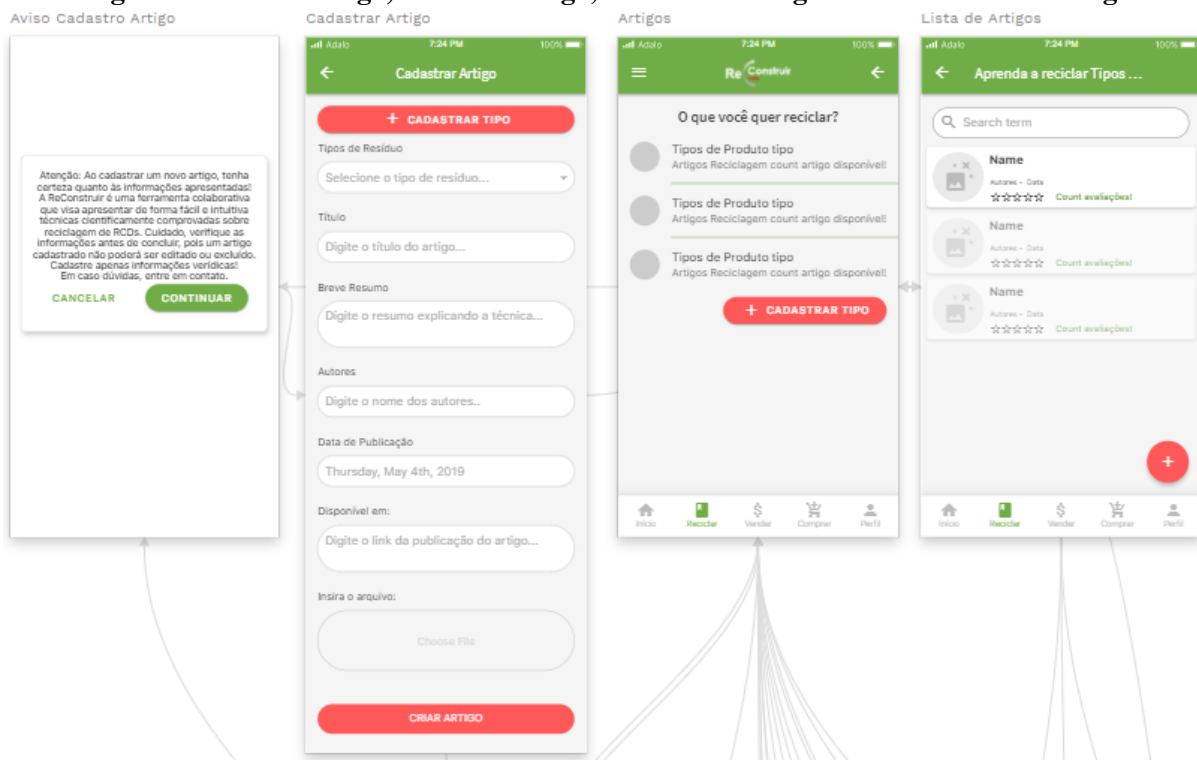
Na caixa de texto com a mensagem sobre o cadastro de artigos são apresentadas informações importantes sobre o cadastro, uma vez que após cadastrado, um artigo não poderá ser editado ou excluído pelo usuário. Além disso, faz-se importante atentar o usuário sobre as informações prestadas na inserção dos artigos, que devem ser verídicas e cumprir com os objetivos da ferramenta. Portanto, ao acessar a caixa e estando de acordo com as informações apresentadas, o usuário deverá clicar no botão “continuar” para prosseguir para tela “cadastrar artigo” ou poderá voltar ao clicar no botão “cancelar”.

Já na tela “cadastrar artigo”, no topo o usuário terá acesso novamente ao botão “cadastrar tipo”, que ao ser clicado irá redirecioná-lo a tela “cadastrar tipo”. Este botão foi inserido aqui pois uma das informações que devem ser prestadas pelo usuário ao cadastrar um artigo, é o tipo de resíduo, e caso o tipo almejado na ação de cadastro não seja encontrado, o usuário poderá utilizar este atalho para cadastrar um novo.

Ainda na tela “cadastrar artigo”, além de selecionar o tipo de resíduo, ao cadastrar um artigo o usuário deverá inserir as informações de título, breve resumo, autores, data da publicação, fonte de publicação (link) e anexo do arquivo, nos campos editáveis. Cabe ressaltar que o anexo do artigo não é obrigatório e poderá ser inserido ou não. Todavia, após inserir os dados solicitados, o usuário deverá clicar no botão “criar artigo”, para efetivar o cadastro do documento na plataforma. Neste momento, as informações inseridas serão alocadas no banco “artigos reciclagem”, e terão relação com um tipo de resíduo, ou seja, os artigos cadastrados deverão pertencer obrigatoriamente a um tipo. Isso é necessário para que a filtragem na lista de trabalhos funcione corretamente.

Na Figura 47 é possível observar as telas referenciadas neste tópico. É importante ressaltar novamente que por mais que a tela “aviso cadastro artigo”, esteja sendo apresentada como uma tela em si, ela consiste apenas em uma caixa de texto com uma mensagem de aviso, que será exibida sobre a tela “lista de artigos”, que contém o botão com o símbolo “+”, utilizado para cadastrar um artigo.

**Figura 47 - Telas Artigo, Lista de Artigo, Cadastrar Artigo e Aviso Cadastro Artigo**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Retornando à tela “lista de artigos”, o usuário, dentre as opções exibidas a partir da filtragem por tipo, poderá escolher um artigo ao clicar sobre o cartão que representa as suas informações. Após o clique o usuário será redirecionado para a tela “detalhes artigo”. Nesta tela ele irá visualizar mais informações sobre o artigo selecionado. No topo é mostrado o título completo do documento, em seguida o nome dos autores, após, a data de publicação do trabalho na fonte (revista, congresso, etc.), depois, uma imagem do tipo de resíduo, logo abaixo, um breve resumo, após, um texto-botão com os dizeres “clique aqui e acesse o site de publicação”, que ao ser clicado redireciona o usuário para a página web correspondente ao link cadastrado como fonte do trabalho, e por fim outro texto-botão com a mensagem “leia o artigo completo”, que permitirá o usuário abrir o documento de texto do artigo e fazer a leitura integral, desde que este documento tenha sido inserido no cadastro do trabalho. Vale ressaltar que o breve resumo exibido aqui não é o resumo do documento de texto, ou seja, aquele que foi escrito pelos autores, e sim uma síntese sobre a técnica de reciclagem que o documento apresenta e que deverá ser escrita e inserida pelo usuário que realizar o cadastro de um artigo.

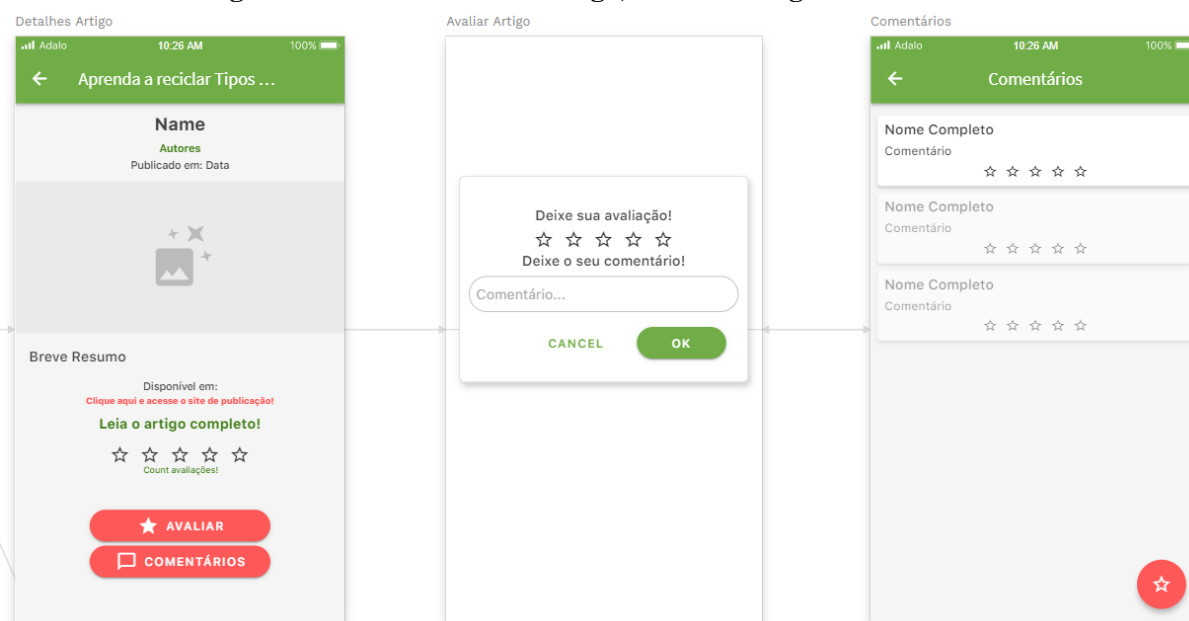
Ainda na tela “detalhes artigo”, o usuário terá acesso a mesma média de avaliações em estrelas e o número de avaliações, também exibida na tela “lista de artigos”. Já ao fim da página, serão exibidos também dois botões: “avaliar” e “comentários”. Ao clicar no primeiro,

uma nova caixa de texto será aberta (tela “avaliar artigo”) e o usuário que está acessando o documento poderá deixar sua avaliação em pontuação em estrelas (1 a 5 pontos) e também deixar um comentário sobre sua experiência com o documento. Nesta caixa de texto, o usuário terá a sua disposição os botões “cancel” e “ok”, sendo que o primeiro ao ser clicado, irá retornar o usuário a tela “detalhes artigo” e o segundo, ao ser acionado, irá alocar a nota e o comentário no banco de dados “avaliações”. Neste momento, a média será recalculada e o comentário ficará à disposição de outros usuários na tela “comentários”.

Ao clicar sobre o botão “comentários” ainda na tela “detalhes artigo”, o usuário será redirecionado para a tela “comentários”, citada no último parágrafo. Nesta tela o usuário poderá observar comentários e notas dadas por outros usuários. Ainda nela, ele terá acesso ao botão flutuante vermelho com símbolo de estrela para também realizar uma avaliação. Este botão terá a mesma função do botão “avaliar” que consta na tela “detalhes artigo”.

Na Figura 48 é possível observar as telas “detalhes artigo”, “avaliar artigo” e “comentários”, além das funcionalidades da ferramenta que foram elucidadas no texto acima.

**Figura 48 - Telas Detalhes Artigo, Avaliar Artigo e Comentários**

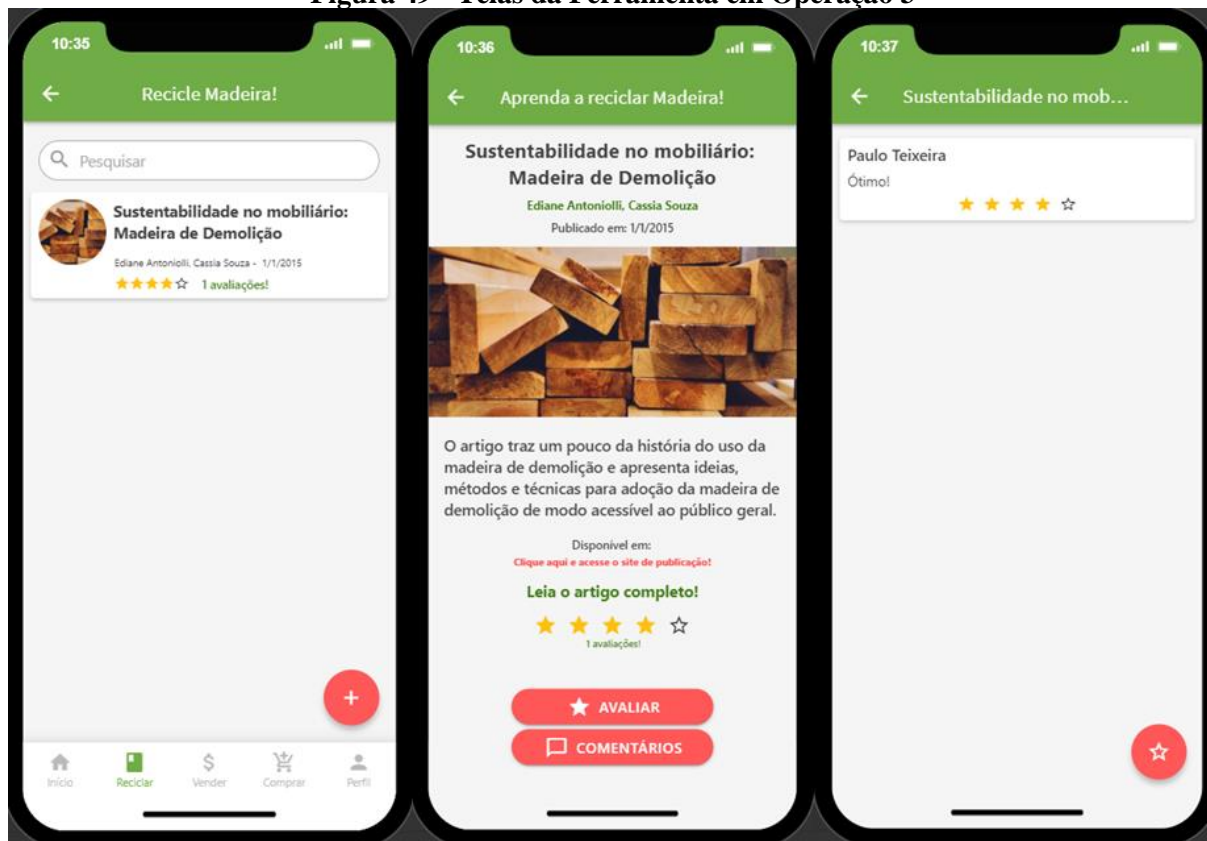


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para que seja possível exibir a real experiência que o usuário terá ao fazer o uso da ferramenta, na Figura 49 são exibidas as telas “listas de artigo”, “detalhes artigo” e “comentários” com a ferramenta em operação. Na figura é apresentado informações sobre um estudo real que foi previamente inserido no banco de dados a partir dos documentos coletados

na etapa 2 desta pesquisa. Contudo, os comentários exibidos na tela “comentários” foram criados pelo discente ao cadastrar dois usuários, apenas para que esta função fosse simulada.

**Figura 49 - Telas da Ferramenta em Operação 3**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

É possível observar que a seção de catálogo de artigos sobre reciclagem também se mostra de simples operação, não sendo necessário a realização de diversos procedimentos para utilizar. Além disto, ela tem viés colaborativo e o intuito é que os usuários possam cooperar não apenas avaliando e comentando sobre os trabalhos pré-cadastrado, mas também cadastrando outro documentos.

Inicialmente serão cadastrados os 25 artigos que foram levantados na etapa 2 desta pesquisa, contudo o foco do desenvolvimento é a colaboração. Os usuários que fazem uso da ferramenta e que possuem trabalhos próprios ou identificarem-os em outras plataformas, poderão inseri-los na ferramenta. Deste modo a proposta se torna escalável, uma vez que a ferramenta será alimentada e operacionalizada por seus próprios usuários. Sendo eles responsáveis também por ler e avaliar os trabalhos inseridos.

#### 4.3.4 Outras Informações

No âmbito global e a partir da experiência do discente, é possível observar que a ferramenta se mostra apta para ser operada por usuários diversos na construção civil. Ela se traduz em um aplicativo mobile de fácil acesso e que não demanda demasiado conhecimento técnico sobre tecnologia e sobre resíduos, não sendo isto uma barreira para que seja acessada.

Deste modo, acredita-se que a ferramenta possa atender os quesitos propostos com o estudo, porém uma avaliação mais precisa sobre o atendimento dos objetivos apresentados ao se elaborar a ferramenta, será melhor discutido no próximo tópico.

Por fim, cabe ressaltar que a ferramenta não está disponível nas lojas de aplicativo do sistema android ou do sistema iOS. Porém já pode ser acessada e operacionalizada de forma online fazendo o uso de um navegador de internet, seja por celular ou por computador. Para isso a Figura 50 apresenta um QRCode que ao ser escaneado dará acesso integral as funcionalidades da aplicação.

**Figura 50 - Acesso à Ferramenta**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Todavia, ainda pretende-se publicar a ferramenta em lojas virtuais de aplicativo mobile, porém isso irá ocorrer uma vez que outras otimizações serão feitas a partir da experiência de novos usuários. Neste momento em que esta pesquisa se encerra, estas experiências não puderam ser coletadas.

#### **4.4 Avaliação da Ferramenta: ReConstruir**

Após a execução das fases 2, 3 e 4, procedeu-se com o desenvolvimento da ferramenta proposta nesta pesquisa. Neste tópico, a partir da experiência de usuário do discente ao desenvolver e operacionalizar a ferramenta proposta, tendo vislumbrado os resultados buscados nas fases citadas anteriormente, o atendimento aos objetivos da pesquisa será discutido.

Inicialmente, pretendia-se obter uma ferramenta que além de permitir a comercialização de resíduos, atendendo preceitos e conceitos já adotados pelo sistema de bolsas de resíduos, permitisse também apresentar ao usuário uma terceira via para tratar os resíduos da construção civil, que não adotassem técnicas de descarte, através de uma plataforma que apresentasse técnicas comprovadas cientificamente, sobre a reciclagem de resíduos. Esta terceira via foi proposta no intuito de atender aos princípios da economia circular, contudo foi possível vislumbrar que a plataforma de comércio também atende a estes princípios.

Todavia, é possível concluir desde já que estes objetivos foram atendidos com o desenvolvimento, uma vez que a ferramenta cumpre com a proposta de compra e venda de resíduos, além de apresentar um banco de dados colaborativo sobre trabalhos que tratem sobre reciclagem. Porém certa insatisfação foi alcançada, uma vez que muitos trabalhos sobre reciclagem de RCCs não foram encontrados. Na tentativa de solucionar esta insatisfação, a funcionalidade de “colaboração” foi inserida na ferramenta, fazendo com o que a alimentação do banco de dados não seja responsabilidade apenas do discente, mas dos usuários que fizerem o uso da ferramenta.

Nos tópicos 4.4.1 e 4.4.2, a avaliação do atendimento a estes conceitos serão melhor elucidadas.

##### **4.4.1 Avaliação: Conceitos da Bolsa de Resíduos**

A ferramenta consiste em uma plataforma virtual de comércio de resíduos da construção civil, que permite ao usuário tanto vender, quanto comprar resíduos. Uma vez que os resíduos ofertados não pertencem a empresa de comércio, e sim aos próprios usuários. Contudo, a efetivação da compra não ocorre pela própria ferramenta, uma vez que ela não é responsável pela logística de entrega dos produtos e por ela também não é possível realizar transações monetárias que efetivem as negociações de compra e venda.

Contudo, a ferramenta se mostra prontamente capaz de fazer a interligação entre usuários vendedores e compradores de resíduos. Uma vez que ela permite facilmente que os usuários possam cadastrar seus resíduos para comercialização, além de permitir também identificar de forma fácil os resíduos ofertados, para uma possível aquisição.

Cabe ressaltar que as informações prestadas quanto aos produtos ofertados são de inteira responsabilidade dos usuários, logo dados sobre descrição, imagens, preços e quantidades, são ofertados seguindo os critérios estabelecidos pelo próprio usuário que quer comercializar seus produtos. Uma vez que pela plataforma não é possível efetivar a compra fazendo as operações internas de troca entre produto e valor monetário, sendo necessária esta efetivação de forma externa, faz-se importante ressaltar que a efetivação deverá ocorrer mediante prévia verificação do produto além da confirmação da efetiva entrega do valor solicitado.

Todavia, a ferramenta se mostra apta a atender este inter-relacionamento entre usuários que querem desfazer de seus resíduos e usuários que queiram adquiri-los para dar outro uso. Visto que o sistema integrado de bolsa de resíduos tem por objetivo fazer a ligação entre setores industriais que querem e precisam desfazer de seus resíduos, à setores que tem interesses nestes resíduos que precisam ser dispensados, é possível concluir que a ferramenta atende plenamente a este conceito.

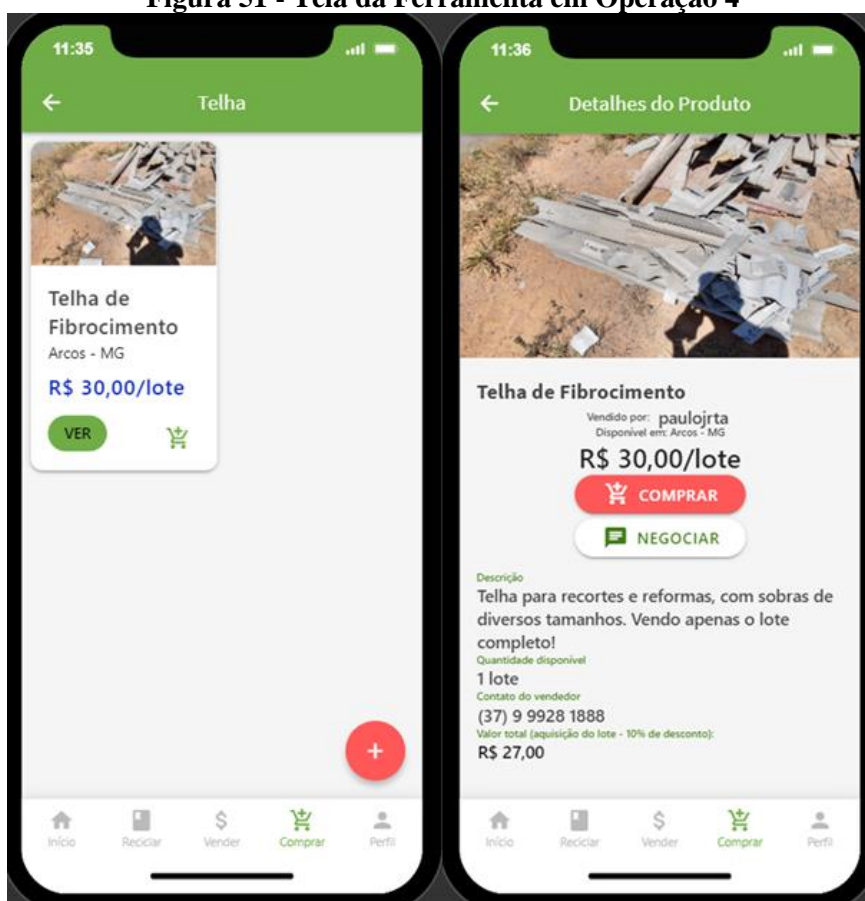
Além disso, na etapa 3 desta pesquisa foi possível observar que o resíduo “telha de fibrocimento” representando um custo com material perdido de R\$167,09, devido ao grande volume de material. Este mesmo produto, sendo ofertado pela seção de venda de resíduos, pode ser comercializado por R\$30,00 (valor total para o lote contendo todas as telhas). Esta transação, caso tivesse sido efetivada pelo proprietário do material que foi dispensado na caçamba, representaria uma economia de 17,96% do valor perdido. Cabe ressaltar que o valor ofertado ficou a critério do discente e este poderia variar em função dos critérios de outro usuário que viesse a ofertar um produto semelhante.

Por fim, além do atendimento aos conceitos da bolsa de resíduos e da economia no valor de perdas com materiais, é importante ressaltar também que uma vez que o resíduo

deixa de ser descartado e é comercializado com foco no reaproveitamento por outro usuário, todos os impactos que este descarte poderia gerar, deixam de existir. Uma vez que o volume de resíduo descartado será reduzido, o volume do material disposto no aterro também reduz e todo e qualquer outro impacto que ele possa causar, será minimizado. Todavia, os impactos que a ferramenta pode causar nos quesitos de sustentabilidade, serão elucidados na seção a seguir.

Na Figura 51 é possível observar as telas “anúncios” e “detalhes anúncio”, que apresentam o mesmo resíduo de telha que foi identificado e precificado na fase 3 da pesquisa, e pôde ser ofertado através da ferramenta.

**Figura 51 - Tela da Ferramenta em Operação 4**



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.4.2 Avaliação: Economia Circular

A partir da revisão bibliográfica desta pesquisa, é possível observar que os 3 princípios da economia circular, são pautados em ações nas fases de obtenção da matéria-prima, de uso do material e do tratamento do resíduo. A partir da obtenção da ferramenta é possível



observar que ela atuará na fase de uso do material, uma vez que, com ela, tem-se por objetivo comercializar materiais da construção civil que não apresentam uso em uma determinada obra, mas podem apresentar em outra ou em outro setor. Ou seja, ela atuará para recuperar o valor do resíduo como material.

A ferramenta atua também para minimizar perdas no sistema produtivo da construção civil. As perdas continuarão a existir, uma vez que a ideologia de que “perdas na construção civil nunca serão zero”, continua a perdurar. Mas a ferramenta atuará diretamente nestas perdas, impondo aos resíduos uma possibilidade de reutilização em outro lugar, além de reduzir as perdas financeiras, visto que ela trará retorno de parte do valor perdido com o material que deixou de ser utilizado e se tornou resíduo.

Não é intuito da proposta da ferramenta, eliminar as perdas da construção, mas sim apresentar alternativas que possam cooperar para a redução. Neste quesito, a ferramenta se mostra apta a garantir a redução das perdas pela comercialização dos resíduos ou pela difusão de trabalhos e técnicas sobre reciclagem de materiais na construção.

Observa-se que a economia circular tem por objetivo otimizar o rendimento de um recurso em seu mais alto nível, ou seja, permitindo o descarte apenas em vias de decomposição ou quando este material não representa qualquer tipo de valor para nenhum outro setor produtivo. Por este lado, a ferramenta atuará de forma a reduzir o volume de material em forma de entulho em canteiros e até mesmo em aterros, uma vez que quando um resíduo é comercializado ele será comprado por um usuário que tem propósito para ele, que na maioria das vezes se findará na reutilização. Além disso é nítido observar que o descarte de um material atualmente é adotado, quando não se tem outras formas mais viáveis de tratar aquele material, sendo esta a melhor forma. Ao se apresentar alternativas, como o comércio ou técnicas de reciclagem para um material, acredita-se que com o tempo o descarte tenderá a perder espaço.

Quanto à redução das externalidades impactadas pelos resíduos da construção civil, fica claro observar que se o resíduo não for descartado, seja em um aterro ou principalmente em um descarte irregular, os impactos também não serão gerados. Logo, ao se comercializar ou reciclar através de alguma técnica que foi difundida e aprendida, através da plataforma, as chances de ocorrências de externalidades são diminuídas e os impactos causados pelos resíduos a toda uma sociedade, são extintos.

Por fim, ao olhar para a ferramenta e durante todo o processo de desenvolvimento, foi possível observar que ela não atende aos preceitos da economia circular apenas pelas funcionalidades do acervo de artigos sobre reciclagem, mas também e principalmente pela

plataforma de comercialização de resíduos. Enquanto o acesso atua propondo soluções técnicas comprovadas de reciclagem, é importante destacar que a observação destas não garante efetivamente que ela será adotada. Por outro lado, ao se comercializar um resíduo, tem-se uma garantia maior de que ele não será descartado. Sendo assim, por algumas vezes e a partir desta reflexão, a plataforma de comércio pode se mostrar igual ou mais apta, a atender os princípios da economia circular.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo atendeu aos objetivos iniciais esperados, partindo da proposta e estudo de uma metodologia de precificação de resíduos em caçambas estacionárias, passando pela revisão bibliográfica e identificação de estudos que apresentassem técnicas de simples reciclagem, e sendo finalizado com o desenvolvimento e verificação da ferramenta ReConstruir.

Ao longo do estudo foram propostas e apresentadas metodologias de trabalho e pesquisa, que permitiram a conclusão dos objetivos almejados. Dentre elas, cabe destacar a metodologia adotada na fase 2, que permitiu filtrar e classificar estudos sobre reciclagem de resíduos, além do método adotado na classificação, quantificação e precificação dos resíduos da caçamba estacionária, ainda na fase 3 da pesquisa. Estas duas metodologias propostas convergiram e corroboraram para o desenvolvimento da ferramenta que foi objetivo principal desta pesquisa. Todavia, ao longo destas 3 fases principais, algumas considerações devem ser apresentadas.

Conforme já apresentado na fase 2, que permitiu buscar e identificar trabalhos sobre técnicas recomendadas para reutilização de resíduos da construção civil, uma pontualidade negativa foi encontrada. Foi possível observar que não há muitos trabalhos de pesquisa que apresentam técnicas de reciclagem que já se mostrem práticas e eficazes. Grande parte dos trabalhos encontrados estão voltados para técnicas de reciclagem que demandam de processos industriais, não sendo de fácil aplicação. É importante destacar que há um grande número de trabalhos e pesquisas voltadas para processos de reciclagem de resíduos, contudo poucas se findaram em técnicas específicas para aplicação rápida e fácil, que permitam sua utilização dentro do próprio canteiro. Com isso, vale ressaltar que há um vasto espaço a ser explorado e estudado, quando o assunto são técnicas para reciclagem de RCCs.

É possível concluir ainda que muitos estudos fazem uma verificação muito ampla de uma possível técnica de reciclagem, deixando questões em aberto no que diz respeito de quando e onde a técnica proposta pode e deve ser aplicada, para se obter resultado semelhantes ao da pesquisa. Todavia, deve-se ainda ressaltar que o assunto sobre reciclagem de resíduos da construção civil foi até agora pouco explorado, no que diz respeito a reciclagem aplicada dentro do próprio canteiro ou dentro do próprio setor da construção, e apresentam possíveis linhas de pesquisas a ser alcançadas.

Por outro lado, na fase 3 da pesquisa, os resultados almejados também foram alcançados. No estudo, foi possível verificar que em uma caçamba estacionária com 5m<sup>3</sup> de

capacidade, foram depositados R\$1080,53 de resíduo em forma de material perdido. É de suma importância ressaltar que esta perda não se traduz apenas em perda material, mas também de recurso financeiro de alto impacto. Observa-se que a caçamba estudada não foi a única da obra em questão e este valor não representa o custo total perdido com material descartado por este meio. Todavia, verifica-se que este custo varia em função dos materiais que se apresentam em uma caçamba, deste modo, o valor com material perdido pode oscilar para mais ou menos em função da fase da obra em que o recipiente receberá resíduos.

Ainda sobre a metodologia de precificação, a partir das pesquisas realizadas pelos autores, não foi alcançado nenhum trabalho com teor semelhante, que se pautasse em precificar resíduos da construção civil, perdidos em caçambas estacionárias. Sendo assim, por mais que o método adotado seja simples e de fácil aplicação, se mostra exclusivo no cenário que busca estudar os resíduos da construção.

A partir dos trabalhos identificados e dos resultados alcançados no método da caçamba, a pesquisa foi fundada com a proposta da ferramenta ReConstruir. A aplicação mobile foi desenvolvida com o intuito de atender aos conceitos do sistema integrado da bolsa de resíduo, além de atender também aos princípios da economia circular. Para tanto, foi desenvolvida uma ferramenta que consistia em uma plataforma de venda de resíduos e um banco de dados de fácil acesso e colaborativo, voltado para a apresentação de trabalhos sobre a reciclagem de resíduos.

Todo o desenvolvimento ocorreu de forma a apresentar um produto que atendesse um amplo público dentro do setor da construção. Ao desenvolver, optou-se por adotar funcionalidades que garantisse a facilidade de acesso, reduzindo o número de processos complexos ou que pudessem se converter em barreiras no uso da ferramenta. Todavia, a ferramenta ainda não foi publicada em lojas virtuais de aplicações mobile, mas já se encontra em operação e disponível para acesso através do link publicado nos resultados desta pesquisa.

Sobre a ferramenta, cabe ressaltar que ela não se destina apenas ao público da construção civil ou aos cidadãos do município de Arcos, Minas Gerais (local onde o método da caçamba foi realizado). A ferramenta é ampla e aberta e pode ser acessada por qualquer usuário que busca vender resíduos da construção civil, comprar resíduos ou aprender técnicas de reciclagem dos RCCs a partir de trabalhos científicos.

É possível concluir que a ferramenta proposta cumpre com os objetivos deste estudo, ao atender aos conceitos do sistema de bolsa de resíduos e os princípios da economia circular, ser de fácil acesso e permitir a apresentação de outras vias de destinação para os RCCs. Todavia, a ferramenta apresenta um ponto negativo por não permitir que a efetivação da

compra ocorra dentro da própria plataforma, uma vez que ela não permite a realização de transações bancárias e nem dá apoio a um sistema logístico de entrega. Entretanto, a ausência destas funcionalidades não minimiza ou prejudica os resultados alcançados com a proposta e o atendimento dos objetivos buscados.

O presente estudo apresentou de forma teórica e prática conceitos relacionados aos resíduos da construção civil, ao sistema integrado de bolsa de resíduos e aos métodos adotados na economia circular. Teve por objetivo apresentar um método de pesquisa para identificação de trabalhos específicos, apresentou resultados perante o estudo de resíduos em caçambas e propôs uma ferramenta voltada a solucionar a problemática sobre a disposição dos resíduos da construção.

Por fim, algumas propostas de estudos puderam ser observadas ao longo da pesquisa. Adotando a metodologia de precificação proposta seria possível verificar taxas de geração de diversos tipos de resíduos de uma edificação tipo e observar taxas de custo dos resíduos por material perdido e por área da edificação. Olhando para a ferramenta, a mesma poderia ser adotada para verificar o impacto na redução das taxas apresentadas além de observar a redução do descarte de resíduos da construção. Outrora, com o objetivo de verificar a sua utilização de forma macro, a aplicação poderia ser proposta e adotada em um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a fim de verificar os seus impactos nos RCDs a nível de cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015**. 2015. Acessado em: 30/01/2020. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/relatorio-pesquisa-setorial-20142015/>>.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos da Construção no Brasil**. 2012. Acessado em: 09/07/2019. Disponível em: <<http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20%20Panorama2012.pdf>>.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos da Construção no Brasil**. 2019. Acessado em: 25/07/2019. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>.

ADAMS, K. T.; OSMANI, M.; THORPE, T.; THOMBACK, J. Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management**, v. 170, n. 1, p. 15–24, feb. 2017.

AKANBI, L. A.; OYEDELE, L. O.; AKINADE O. O.; AJAYI, A. O.; DELGADO, M. D.; BILAL, M.; BELLO, S. A. Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, n. November 2017, p. 175–186, apr. 2018.

AKHTAR, A.; SARMAH, A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, jun. 2018.

ANASTASIADES, K. et al. Translating the circular economy to bridge construction: Lessons learnt from a critical literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, jan. 2020.

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V. Estimativa da quantidade de entulho produzido em obras de edifícios. In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil - Materiais Reciclados e suas Aplicações,

2001, São Paulo/SP. **Anais**. São Paulo: IBRACON, 2001.

ARIF, M.; BENDI, D.; TOMA-SABBAGH, T.; SUTRISNA, M. Construction waste management in India: An exploratory study. **Construction Innovation**, v. 12, n. 2, p. 133-155, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de Reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, A. R. G.; CECCHIN, D.; CARMO, D. F.; SILVA, F. C.; CAMPOS, C. M. O.; SHTRUCKA, T. G.; MARVILA, M. T.; MONTEIRO, S. N. Analysis of the compactness and properties of the hardened state of mortars with recycling of construction and demolition waste (CDW). **Journal of Materials Research and Technology**, v. 9, p. 5942-5952, mai/jun. 2020.

AZEVEDO, G. O. D. de A.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, mar. 2006.

BAO, Z.; LEE, W. M. W.; LU, W. Implementing on-site construction waste recycling in Hong Kong: Barriers and facilitators. **Science of The Total Environment**, v. 747, dez. 2020.

BAPTISTA JUNIOR, J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 2, p. 27-37. jul./dez. 2013.

BARBOZA, D. V.; SILVA, F. A. da; MOTTA, W. H.; MEIRIÑO, M. J.; FARIA, A. do V. Aplicação da Economia Circular na Construção Civil. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 7, dez. 2019.

BENACHIO, G. L. F.; FREITAS, M. do C. D.; TAVARES, S. F. Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, jul. 2020.

BOCKEN, N. M. P.; PAUW, I. de; BAKKER, C.; VAN DER GRINTEN, B. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Production Engineering**, p. 308–320, apr. 2016.

BOHANA, M. C. R.; SILVA, F. F. B.; GUIMARÃES, J. C.; MARCHI, C. M. D. F. **Redução dos resíduos da construção civil: Uma tendência para as novas construções**. In: IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental (IV COBESA). Cruz das Almas: COBESA, 2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 001**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n° 1, 17 de Fevereiro de 1986, p. 2548-2549.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos da Construção no Brasil**. 2018/2019. Acessado em: 14/04/2020. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>

\_\_\_\_\_. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei n°. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA n° 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n° 136, 17 de julho de 2002. Seção I, p. 95-96.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA n° 348**, de 16 de Agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 de Agosto de 2004.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA n° 431**, de 25 de Maio de 2011. Altera o art. 3o da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA,



estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 de Maio de 2011.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 448**, de 19 de Janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 de Janeiro de 2012.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 469**, de 30 de Julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 de Julho de 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, n. 358, p. 178–189, 2015.

CALVO, N.; VARELA-CANDAMIO, L.; NOVO-CORTI, ISABEL. A dynamic model for construction and demolition (C&D) waste management in Spain: Driving policies based on economic incentives and tax penalties. **Open Access Sustainability**, v. 6, p. 416-435, jan. 2014.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, abr./jun. 2012.

CARDOSO, A. da C. F.; GALATTO, S. L.; GUADAGNIN, M. R. Estimativa de geração de resíduos da construção civil e estudo de viabilidade de usina de triagem e reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 31, mar. 2014.

COELHO, A. ; BRITO, J. de. Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. **Waste Management**, v. 32, p. 532-541, mar. 2012.

CORDOBA, R. E.; MARQUES NETO, J. da C.; SANTIAGO, C. D.; PUGLIESI, E.; SCHALCH, V. Alternative construction and demolition (C&D) waste characterization method proposal. **Eng. Sanit. Ambient.** Scielo Brasil, Rio de Janeiro , v. 24, n. 1, p. 199-212, fev. 2019. Acessado em 24/05/2019. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-)

41522019000100199&lng=en&nrm=iso>.

COUTINHO, S. M.; PRETTI, S. M.; TRISTÃO, F. A. Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória-ES. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 21, p. 41-48, mai. 2013.

DOMINGOS, D. de C.; BOEIRA, S. L. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares: Análise do Atual Cenário no Município de Florianópolis. **Journal of Environmental Management & Sustainability**, v. 4, n. 3, set/dez. 2015.

GASQUES, A. C. F.; OKAWA, C. M. P.; ANGELIS NETO, G. D. A.; MIOTTO, J. L.; CASTRO, T. R. de. Impactos ambientais dos materiais da construção civil: Breve revisão teórica. *Revista Tecnológica*, v. 23, n. 1, p. 13-24, 2014.

HE, L.; YUAN, H. Investigation of construction waste recycling decisions by considering consumers' quality perceptions. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, jun. 2020.

HONIC, M.; KOVACIC, I.; RECHBERGER, H. Improving the recycling potential of buildings through Material Passports (MP): An Austrian case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 217, p. 787-797, abr. 2019.

HONIC, M.; KOVACIC, I.; SIBENIK, G.; RECHBERGER, H. Data-and stakeholder management framework for the implementation of BIM – based Material Passports. **Journal of Building Engineering**, v. 23, p. 341-350, mai. 2019.

HOSSAIN, M. U.; THOMAS NG, S.; ANTWI-AFARI, P.; AMOR, B. Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 130, set. 2020.

HOSSEINI, M. R.; RAMEEZDEEN, R.; CHILESHE, N.; LEHMANN, S. Reverse logistics in the construction industry. **Waste Management and Research**, v. 33, n. 6, p. 499–514, 2015.

KABRIRIFAR, K.; MOJTAHEDI, M.; WANG, C.; TAM, V. W. Y. Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, ago. 2020.

KHAN, M. N. N.; SAHA, A. K.; SARKER, P. K. Reuse of waste glass as a supplementary binder and aggregate for sustainable cement-based construction materials: A review. **Journal of Building Engineering**, v. 28, mar. 2020.

KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, p. 483–506, abr. 2017.

LADEIRA, R.; VERA, L. A. R.; TRIGUEIROS, R. E. Gestão dos resíduos sólidos e logística reversa: um estudo de caso em uma organização do setor de construção. **Gestão & Planejamento**, v. 15, n. 2, p. 283–304, mai./ago. 2014.

LAM, P. T. I.; YU, A. T. W.; WU, Z.; POON, C. S. Methodology for upstream estimation of construction waste for new building projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 230, p. 1003-1012, set. 2019.

LEISING, E.; QUIST, J.; BOCKEN, N. Circular Economy in the building sector: Three cases and a collaboration tool. **Journal of Cleaner Production**, v.176, p. 976-989, mar. 2018.

LEITE, F. da C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LI, Y., ZHANG, X.; DING, G.; FENG, Z. Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 106, p. 9–20, 2016.

LI, Y.; ZHANG, X. Web-based construction waste estimation system for building construction projects. **Automation in Construction**, v. 35, p. 142–156, may. 2013.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 2, abr./jun. 2013.

LU, W.; LEE, W. M. W.; BAO, Z.; CHI, B.; WEBSTER, C. Cross-jurisdictional construction waste material trading: Learning from the smart grid. **Journal of Cleaner Production**, v.

277, dez. 2020.

MAHPOUR, A. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 216-227, jul. 2018.

MÁLIA, M.; BRITO, J. de; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, jul./set. 2011.

MARCONDES, F. C.; CARDOSO, F. F. **Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil**. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção / I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção: Construção na América Latina: inclusão e modernização (IV SIBRAGEC / I ELAGEC). Porto Alegre: UFRGS, 2005.

MARQUES NETO, J. C. **Diagnóstico para estudo de gestão dos resíduos de construção e demolição do município de São Carlos-SP**. 155p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MARQUES NETO, J. da C.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: Estudo da situação no município de São Carlos - SP, Brasil. **Revista Engenharia Civil**, n. 36, p. 41-50, 2010.

MARZOUK, M. ; AZAB, S. Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82, p. 41-49, jan. 2014.

MASS, B. H.; TAVARES, S. F. Quantidade de resíduos de construção na obra de uma habitação de LSF comparada com uma alvenaria convencional. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão*, v. 2, n. 2, p. 41, jul./dez. 2017.

MOURÃO, S. A.; ARAGÃO, V. R.; DAMASCENO, D. A. M. Diagnóstico da disposição dos resíduos sólidos da construção civil na cidade de Montes Claros, MG. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 42, p. 251-261, jun. 2015.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 175p.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F.; VALLE, R. A. Reverse logistics in the Brazilian construction industry. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 12, p. 3717–3720, may. 2009.

OLIVEIRA, T. K. S. de; PINTO JÚNIO, I. M. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Cadernos de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas**, v. 4, n. 3, p. 77-84, mai. 2018.

OLIVEIRA, Y. L.; LINHARES JÚNIOR, Z.; ANCELMO, L. SOARES, R. A. L. Estudo da reutilização de resíduos de telha cerâmica (chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 21, n. 2, mar./abr. 2016.

PAIVA, P. A. de; RIBEIRO, M. de S. A reciclagem na construção civil: como economia de custos. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 4, n. 1, 2005.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; BEZERRA, P. R. L.; OLIVEIRA, L. R. G. J. de; FARIA, A. C. de. Gerenciamento de resíduos de construção civil em edifícios residenciais no município de são paulo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 73–89, jan./abr. 2017.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; DUARTE, E. B. de L.; FARIA, A. C. de. Geração e manejo dos resíduos de construção civil nas obras de edifício comercial na cidade de São Paulo. **Revista Espacios**, v. 37, n. 6, p. 30, out./nov. 2015.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; STOROPOLI, J. H.; DIAS, A. J. G.; DUARTE, E. B. de L. 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, abr./jun. 2015.

PEREIRA, G. R.; REBELO, S.; WAHRLICH, J.; SILVA, F. A. da; SIMONI, F. J. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de uma unidade de reciclagem de resíduos da construção civil**. In: 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Curitiba: Instituto Venturi, 2017.

PICHTEL, J. **Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. 644p.

PINTO, G. J. F.; MELO, E. S. R. L. de; NOTARO, K. de A. **Geração de resíduos sólidos da construção civil - Métodos de Cálculo**. In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental

(VII ConGeA). Campina Grande: IBEAS, 2016.

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

PINTO, T. P.; GONZALES, J. L. R., (Coord.) **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Parceria Técnica entre o Ministério das Cidades, Ministérios do Meio Ambiente e Caixa Econômica Federal. Brasília: CAIXA, 2005.

REIS, D.; FRIEDE, R.; DUSEK, P. M.; AVELAR, K. E. S.; MIRANDA, M. G. de. A Lei 12.305/2010 e educação ambiental. **Revista Augustus**, v. 23, n. 45, p. 86-103, jan./jun. 2018.

RIBEIRO, D.; MOURA, L. S. de; PIROTE, N. S. dos S. Sustentabilidade: Formas de reaproveitar os resíduos da construção civil. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 20, n. 31, p. 41-45, 2016.

RODRIGUES, G. da C.; OLIVEIRA, T. A. A. de; NERY; I. C.; JUCÁ, H. L. de A. Utilização de ferramentas da qualidade em um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2015, São Paulo/SP. **Anais do IV SINGEP**. São Paulo: SINGEP, 2015.

RODRÍGUEZ, G.; MEDINA C.; ALEGRE, F. J.; ASENSIO, E.; ROJAS, M. I. S. de. Assessment of Construction and Demolition Waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. **Journal of Cleaner Production**, v. 90, p. 16-24, mar. 2015.

ROSA, A. P. da. **Impactos dos resíduos gerados na construção civil nos custos ambientais**. 2017. 21p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2017.

ROSA, D. C. G. da. **A evolução do tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil: Uma análise a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010)**. 2019. 91p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Econômicas) - Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 2019.

SABINO, T. B.; SANTOS, F. F. Dos.; SABINO, T.; CARDOSO, C. V.; MOURA, N. B. de. Destinação e disposição final dos resíduos da construção civil em municípios gaúchos. In: VII SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2015, Alegrete/RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Alegrete: UNIPAMPA, 2020.

SÁEZ, P. V.; OSMANI, M. A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, dez. 2019.

SANTOLIN, R. C. **Proposta de Ferramenta de Gestão das Bolsas de Resíduos Brasileiras com uso do Balanced Scorecard e Boston Consulting Group**. 2014. 112P. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SAPUAY, S. E. Construction Waste – Potentials and Constraints. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 714-722, 2016.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JR, A. **Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo**. In: AMBIENTE CONSTRUÍDO, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 21–32, out./dez. 2004.

SEGANTINI, A. A. da S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 2, p. 179-183, 2011.

SILVA, A. S. da; SANTOS, R. M. da S.; VIANA, A. L.; CARNEIRO, C. J. M.; SILVA, P. T. de C.; SANTOS, K. J. S. dos; LACERDA, F. A. S.; FREITAS, C. R. dos S. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Estudo de caso em duas empresas na Cidade de Manaus - AM. **InterfaceHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 12, n. 1, jun. 2017.

SILVA, L. P. da. **Análise e Caracterização da Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Ribeirão Preto - SP**. 2018. 176p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

SILVA, M. D. da. **Estudo comparativo entre a utilização dos concretos convencional e leve nos elementos horizontais das estruturas de edifícios**. 2003. 165p. Dissertação (Mestrado

em Engenharia de Estruturas) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SILVA, O. H. da; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; ANGELIS NETO, G. de; ANGELIS; B. L. D. de; MIOTTO; J. L. Etapas Do Gerenciamento De Resíduos Da Construção Civil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 39–48, 2015.

SORMUNEN, P.; KARKI, T. Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. **Journal of Building Engineering**, v. 24, jul. 2019.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil**. São Paulo: PINI, 2005. 128p.

SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C.; AGOPYAN, V. Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Qualidade na Construção**, v.2, n.13, p.10-15, 1998.

SPADOTTO, A.; NORA, D. D.; TURELLA, E. C. L.; WEGENES, T. N. de; BARBISAN, A. O. Impactos ambientais causados pela construção civil. **Unoesc & Ciência – ACSA**, v. 2, p. 173-180, jul./dez. 2011.

STAHEL, W. R. The circular economy. **Nature**, v. 532, p. 435–438, mar. 2016.

TAVARES, L. M.; KAZMIERCZAL, C. S. Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 9, n. 1, jan./fev. 2016.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S. de; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, abr./jun. 2012.

WANG, J.; LI, Z.; TAM, V. W. Y. Identifying best design strategies for construction waste minimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p. 237–247, 2015.

WU, Z. et al. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste Management**, v. 34, p. 1683-1692, jun. 2014.



WU, Z.; YU, A. T. W.; POON, C. S. An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 77, p. 128-135, jul. 2019.

XU, J.; LU, W.; YE, M.; WEBSTER, C.; XUE, F. An anatomy of waste generation flows in construction projects using passive bigger data. **Waste Manafement**, v. 106, p. 162-172, abr. 2020.

YUAN, F.; SHEN, L. YIN; LI, Q. MING. Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste. **Waste Management**, v.31, p. 2503-2511, aug. 2011.

## APÊNDICE

A figura 52 representa uma tela da ferramenta ReConstruir que não foi apresentada nos resultados da pesquisa, porém foi mencionada.

**Figura 52 - Tela Editar Cadastro**

Editar Cadastro

Preencha o dado que deseja atualizar!

E-mail

Altere seu e-mail...

Senha

Altere sua senha...

Nome de Usuário

Altere seu nome de usuário...

Nome Completo

Altere seu nome completo...

Foto de Perfil

Choose Photo

Endereço Completo

Altere seu endereço completo...

Cidade/Estado

Altere sua cidade/estado...

CPF (000.000.000-00)

Altere seu CPF...

Telefone (00) 0 0000-0000

Altere seu telefone...

CEP (00000-000)

Altere seu CEP...

ATUALIZAR CADASTRO

Início Reciclar Vender Comprar Perfil

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).