

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE

ANTONIO FERREIRA NETO

**RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS EM MOSSORÓ-RN:
ALTERNATIVAS PARA UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL**

NATAL

2022

ANTONIO FERREIRA NETO

**RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS EM MOSSORÓ-RN:
ALTERNATIVAS PARA UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Saneamento Ambiental.

Orientadora: Dra. Régia Lúcia Lopes.

NATAL

2022

Ferreira Neto, Antonio.

F383r Resíduos de construção civil gerados em Mossoró-RN: alternativas para uma gestão sustentável / Antonio Ferreira Neto. – 2022.
84 f. : il. color.

Dissertação (pós-graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

Orientadora: Dra. Régia Lúcia Lopes.

1 Gestão sustentável. 2. Gestão de Resíduos. 3. Impactos ambientais.
4. Construção civil. 5. Desenvolvimento de software - Aplicativo. I. Título.

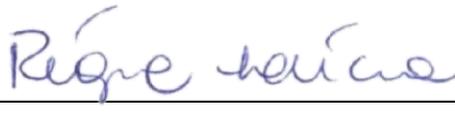
CDU 502.131.1

ANTONIO FERREIRA NETO

**RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS EM MOSSORÓ-RN:
ALTERNATIVAS PARA UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Saneamento Ambiental.

Dissertação apresentada e aprovada em 25/ 02 /2022, pela seguinte Banca Examinadora:



Régia Lúcia Lopes, Dra. - Presidente.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Sheyla Varela Lucena, Dra. - Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Nelma Mirian Chagas de Araújo Meira, Dra - Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba



Jozilene de Souza, Dra - Examinadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico ao meu Deus e Senhor, minha mãe, irmã e parceiro que estão sempre comigo, e me motivam a seguir sempre em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço á Santíssima Trindade, a Deus pelo dom da vida, a Jesus pelo amor incondicional e ao Espírito Santo por me capacitar e me impulsionar a ir além, mais do que meus olhos humanos são capazes de enxergar.

À Santíssima Virgem Maria, pelo carinho espiritual e por cuidar tão bem de mim, sobretudo nos momentos de aflição e preocupações. Pela providência e intercessão.

A minha mãe, Fátima Fernandes, de quem herdei o sonho de vencer. Por todo esforço em dedicar sua vida pela minha criação e de minha irmã. Por me amar e não desistir de mim.

A minha irmã, Mikaelly Fernandes, por ser minha companheira de vida. Por segurar em minha mão e ser inspiração para minha vida. Por ser a melhor parte de mim.

Ao meu parceiro de vida, amigo, companheiro e cúmplice José Júnior. Por todo amor, apoio, carinho, cuidado, paciência, amparo, incentivo e até ajuda na compreensão da pesquisa.

A todos os membros de minha família (avós, tios, tias, primos e primas), por acreditarem em mim e estarem sempre presentes em minha vida, sonhando juntos e torcendo pelo meu sucesso.

Aos amigos e irmãos, que me incentivaram e acreditaram em meu potencial, sobretudo Valquíria pelo apoio técnico no desenvolvimento do produto da pesquisa, Rodrigo Paiva e Ana Cláudia, por terem me motivado a cursar o Mestrado Profissional, e a Laisy Menescal e Flaviano, que me auxiliaram no desenvolvimento do trabalho. Vocês foram essenciais.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte campus Central e ao Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais, por ser mais que uma Instituição e um Programa, mas a realização de um sonho. Aqui fui acolhido, valorizado e recebi qualidade em tudo que me foi ofertado.

A minha querida Orientadora, a Professora Dra. Régia Lúcia Lopes, por ter aceitado me orientar mesmo depois do início do programa, pela paciência em me nortear nessa pesquisa e por, mesmo em tempos e momentos adversos, não ter soltado minha mão, acreditando em nosso trabalho. As correções, conselhos e orientação, serviram para minha vida. Gratidão.

A todos os professores do programa, na pessoa do Professor Jean Tavares por ter me orientado durante um período dessa jornada, e aos demais, pelo conhecimento compartilhado.

À Pró-reitoria de Pesquisa e Inovação, tanto pelo apoio e incentivo a pesquisa quanto pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa auxílio durante oito meses dessa jornada.

Aos presentes que o programa me deu, meus queridos amigos da turma 2019.2, que juntos trilharam comigo essa jornada, compartilhando sorrisos, sonhos e aprendizado.

Aos professores da banca examinadora, pelas valiosas colaborações, conselhos, elogios, críticas, sugestões e conhecimento compartilhado.

A todos que se fizeram presentes na apresentação e defesa dessa pesquisa, pela atenção confiada e tempo dedicado.

Aos envolvidos no objeto dessa pesquisa, Secretaria Municipal de Mossoró-RN (SEMURB) e todas as empresas de coleta de RCC em Mossoró-RN, pela transparência e confiança, acreditando que os resultados obtidos possam contribuir com a gestão sustentável de suas atividades.

RESUMO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira e contribui significativamente para o desenvolvimento econômico do país. No entanto, é um dos setores que apresenta maior consumo de recursos naturais gerando impactos ambientais negativos. Dessa forma, é imprescindível a implementação de práticas para gestão sustentável para essa tipologia de resíduos. Essa pesquisa tem por objetivo avaliar a gestão dos resíduos da construção civil do município de Mossoró-RN e propor alternativas visando o gerenciamento adequado e a preservação ambiental. A pesquisa foi dividida em três etapas. Na Etapa 1, foi realizado um estudo metodológico de revisão de literatura avaliando a eficácia da utilização de ferramentas tecnológicas e sistemas informatizados em atividades de gestão de RCC. Na Etapa 2, foi realizado um diagnóstico quantitativo da geração de RCC no município estudado, estimado com base no movimento de cargas coletadas do setor público e privado. Também foi realizado o mapeamento de áreas de disposição e as delimitações dos bairros de maior incidência de geração desses sólidos. A Etapa 3 se deu no desenvolvimento de um protótipo de *software* aplicativo que sirva de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção civil. O diagnóstico apontou para uma geração 426,90 t/dia de RCC, com uma geração per capita de 1,39 kg/hab.dia, sendo o setor privado responsável por cerca de 71,67 % da coleta desses resíduos. A disposição inadequada pela população de RCC em ruas e terrenos baldios, fazendo com que a municipalidade utilize recursos públicos com coleta de resíduos, que são de responsabilidade do gerador, e a destinação de RCC para áreas de acúmulo no solo apontam para a necessidade urgente de um plano de gestão de resíduos da construção civil. O estudo também aponta para implantação de ecopontos em área de maior geração de RCC e possibilidades de usina de reciclagem, norteadas por políticas para a gestão desses resíduos. Com a proposição da ferramenta desenvolvida em formato de aplicativo, espera-se contribuir para melhorar as informações sobre o tema, estabelecer diálogo entre agentes envolvidos na geração, coleta e destinação de RCC e, dessa forma, reduzir os impactos ambientais, econômicos e sociais, promovendo assim para uma gestão sustentável.

Palavras-chave: Resíduos sólidos Resíduos da construção civil. Gestão de resíduos. Aplicativo.

ABSTRACT

Civil construction is an important segment of the Brazilian industry and contributes significantly to the economic development of the country, however, it is one of the sectors that has the highest consumption of natural resources, generating negative environmental impacts. In this way, it is essential to implement practices for sustainable management for this type of waste. This project aims to evaluate the management of civil construction waste in the municipality of Mossoró-RN and propose alternatives aimed at proper management and environmental preservation. The research was divided into three stages. In Stage 1, a methodological study of literature review was carried out, assessing the effectiveness of the use of technological tools and computerized systems in CCR management activities. In Stage 2, a quantitative diagnosis of CCW generation in the studied municipality was carried out, estimated by the movement of cargo collected by the public and private sectors. The mapping of disposal areas and the delimitation of two neighborhoods with the highest incidence of solid generation was also carried out. Stage 3 is to development of an application software prototype that serves as support for the management of civil construction waste. The diagnosis showed a generation of 426.90 t/day of CCW, with a per capita generation of 1.39 kg/inhab.day, being the private sector responsible for about 71,67% of the waste collection. Inadequate destination of CCW in streets and vacant lots by the population, making it so that the municipality uses public resources with waste collection that is the responsibility of the generator, and the destination of CCW to areas of accumulation in the soil point to the urgent need for a civil construction waste management plan. The study also aims to implement points to destination in the area of greatest CCW generation and the possibilities of a recycling plant, guiding waste management policies. With the proposal of the tool to be developed in application format, it is expected to contribute to improve information on the subject, establish dialogue between agents involved in the generation, collection and destination of RCC, and thus reduce environmental, economic and social impacts, thus promoting sustainable management.

Keywords: Solid waste. Civil Construction waste. Waste management. Application.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização de Ecopontos no município do Natal/RN	29
Figura 2 - Gestão de RCC para pequenos geradores em Natal – RN	31
Figura 3 - Localização do Município de Mossoró no Estado do Rio Grande do Norte	40
Figura 4 - Mapa de coleta de resíduos sólidos em Mossoró-RN.....	41
Figura 5 - Localização do Aterro de Resíduos da Construção Civil de Mossoró-RN.....	56
Figura 6 - Localização Área Piçarreira Chico Mendes.....	57
Figura 7 - Localização das áreas de disposição realizadas pelo poder público de Mossoró-RN	59
Figura 8 - Principais bairros com disposição irregular e coleta de RCC em Mossoró-RN.....	60
Figura 9 - Mapa com propostas de implementação de práticas para o gerenciamento de RCC no município de Mossoró-RN	65
Figura 10 – Sugestão para localização de Ecoponto Santo Antônio	66
Figura 11 – Sugestão de área para instalação da Usina de Reciclagem de RCC.....	67
Figura 12 - Desenvolvimento do estágio 3 da elaboração do aplicativo, com o uso da ferramenta Kodular Creator	70
Figura 13 - Construção dos blocos de programação com o emprego da linguagem Hypertext Preprocessor (PHP)	70
Figura 14 - Interfaces do aplicativo	73

FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Disposição irregular de RCC em vias públicas em Natal-RN.....	28
Fotografia 2 - Ecoponto do Baldo – Natal/RN	30
Fotografia 3 - Resíduos dispostos em Usina de Reciclagem para vistoria inicial.....	34
Fotografia 4 - Distribuição do pátio de uma usina de reciclagem de RCC	35
Fotografia 5 - Caminhão caçamba, utilizado na coleta de RCC e Podas de arvores pela secretaria municipal de Mossoró-RN	48
Fotografia 6 - Caçambas com capacidade de volume de 5m ³ utilizadas por empresas particulares.....	50
Fotografia 7 - Antigo lixão das Cajazeiras	58

Fotografia 8 - Disposição de RCC da Empresa 1	61
Fotografia 9 - Disposição de RCC da Empresa 2	62
Fotografia 10 - Disposição de RCC da Empresa 3	62
Fotografia 11 - Disposição de RCC da Empresa 4	63
Fotografia 12 - Disposição de RCC da Empresa 5	63

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Processo operacional de uma Usina de Reciclagem	33
Fluxograma 2 - Etapas do estudo	38
Fluxograma 3 - Modelo conceitual do aplicativo	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume estimado de RCC coletado pela Secretaria Municipal	48
Tabela 2 - Volume de RCC estimado coletado por empresas privadas em Mossoró-RN.....	50
Tabela 3 - Geração estimada total de RCC pelos parâmetros do movimento de cargas da secretaria municipal e das empresas privadas	52
Tabela 4 - Geração per capita de RCC estimada no Município de Mossoró-RN.....	53
Tabela 5 - Bairros de maior incidência de coleta de RCC dispostos de forma e em local irregular	54
Tabela 6 - População e estimativa de geração de resíduos dos bairros de maior incidência de disposição irregular.....	55
Tabela 7 - Bairros de maior incidência de coleta de RCC realizadas pelas empresas estudadas	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Norma Brasileira
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
PHP	Personal Home Page
PGR	Plano de Gerenciamento de Resíduos
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
RN	Rio Grande do Norte
RPA	Resíduos de Poda de Árvores
SEMURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN
URBANA	Companhia de Serviços Urbanos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	14
1.2 PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	17
1.4 JUSTIFICATIVA	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.2 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	21
2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	22
2.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	24
2.4.1 Redes de pontos de entrega de pequenos volumes - Ecopontos.....	26
2.4.2 Usinas de reciclagem de RCC.....	32
2.4.3 A utilização de Software na gestão dos resíduos	36
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	38
3.1 TIPO DE ESTUDO.....	38
3.2 ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN	39
3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....	42
3.3.1 Etapa 1 – Análise de Produção Bibliográfica sobre a utilização de softwares aplicados a gestão municipal de resíduos da construção civil	42
3.3.2 Etapa 2 – Diagnóstico da geração de RCC em Mossoró-RN.....	42
3.3.2.1 Quantificação da geração de resíduos da construção civil	43
3.3.2.1.1 <i>Cálculo do movimento de cargas da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN.....</i>	<i>43</i>
3.3.2.1.2 <i>Cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras</i>	<i>44</i>
3.3.2.1.3 <i>Estimativa da geração total de RCC per capita no município de Mossoró-RN.....</i>	<i>44</i>
3.3.2.2 Mapeamento das áreas de deposição de resíduos de construção civil.....	44
3.3.3 Etapa 3 – Desenvolvimento do protótipo do aplicativo.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 ETAPA 2 – DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE RCC EM MOSSORÓ-RN	47

4.1.1 - Cálculo do movimento de cargas da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN (SEMURB)	47
4.1.2 - Cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras	49
4.1.3 - Estimativa da geração total de RCC per capita no município de Mossoró-RN	52
4.1.4 - Mapeamento das áreas de deposição de resíduos de construção civil	54
4.2 ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE UM APLICATIVO	68
5 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO	72
6 CONCLUSÕES.....	75
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção é apresentada a contextualização do tema, a partir dos principais problemas relacionados com a grande geração de resíduos da construção civil, e sua disposição de forma irregular em vias e logradouros públicos, assim como, a ausência de práticas para uma gestão sustentável. Também serão definidos os objetivos e as justificativas que motivaram o desenvolvimento deste trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, e contribui significativamente para o desenvolvimento econômico do país, representando cerca 14% do Produto Interno Bruto nacional (PIB), gerando emprego, renda e aquecendo o mercado na comercialização de insumos, equipamentos e de serviços em todo seu processo produtivo (PAZ; LAFAYETTE, 2016). Por outro lado, é um dos setores que apresenta maior consumo de recursos naturais, sendo uma atividade geradora de impactos ambientais negativos, bastante consideráveis (KLEIN; GONÇALVES-DIAS, 2017).

Em todo seu ciclo produtivo, desde a extração de recursos naturais, da geração de resíduos e do gerenciamento de forma incorreta, a construção civil causa relevantes impactos ambientais negativos, como por exemplo a degradação do solo, a poluição de aquíferos e mananciais, degradação da paisagem, inundações, proliferação de vetores, entre outros.

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) representam em massa, a maior parte dos resíduos urbanos do país (KLEIN; GONÇALVES-DIAS, 2017). Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – (ABRECON, 2015), a geração de RCC nas cidades de grandes e médios portes representa de 40 a 70% dos resíduos sólidos totais gerados nos municípios e sua disposição irregular tem apresentado aumento de volume considerável.

Comumente, os poderes públicos se deparam com diversos problemas relacionados a limpeza e ao recolhimento dos RCC dispostos em ambientes inapropriados, como ruas, avenidas, canteiros, praças, margens de rios e outros. Além disso, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) evidencia a carência de políticas de gerenciamento desses resíduos como ponto crucial no crescente índice de ônus ambiental e socioeconômicos causados por estas práticas.

Com o intuito de propor políticas ambientais relacionadas a essa temática, visando medidas e procedimentos focados na redução, reutilização e reciclagem, destaca-se a Resolução n.º. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Essa resolução define as diretrizes que os municípios brasileiros e o Distrito Federal devem seguir com uso de ferramentas e elaboração de políticas de gestão por meio de Planos Integrados de Gerenciamento, cujo objetivo é identificar responsabilidades de geradores, levando-os a assumir soluções dos agentes envolvidos desde a geração até a disposição final (SOUZA, 2017).

Na busca por soluções para os problemas causados pelo crescente aumento de volume e sua disposição irregular e, conseqüentemente, seus impactos socioambientais, algumas práticas vêm sendo estudadas no intuito de desenvolver ações com o objetivo de atender as leis e normativas relativas aos procedimentos necessários para a gestão de RCC.

É importante ainda, para a execução de políticas de gerenciamento de RCC, a utilização de ferramentas tecnológicas que possibilitem a comunicação entre gerador e os gestores, além da necessidade de interação eficiente no acesso a informações no que diz respeito aos processos de disposição dos RCC.

Especificamente o município de Mossoró-RN, a segunda cidade mais populosa do Rio Grande do Norte, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (IBGE, 2021), apresenta visivelmente um descontrole na disposição de RCC em suas vias públicas, levando a prefeitura municipal a onerar seus custos com o recolhimento dos RCC acumulados irregularmente nos ambientes públicos da cidade.

Nesse contexto, tomando como base a Resolução CONAMA n.º 307 e suas atualizações, a legislação vigente nos âmbitos municipais e federais, analisando ainda normas, pesquisas e referências bibliográficas sobre o assunto, este trabalho apresenta uma proposta de sistema de apoio á gestão de resíduos da construção civil para o município de Mossoró-RN. O estudo apresenta um protótipo, materializado na forma de um aplicativo, apoiando o gerador de RCC para dar uma destinação adequada de acordo com a legislação vigente e assim promover a redução dos impactos socioambientais e econômicos negativos causados pela disposição inadequada.

1.2 PROBLEMA

O desenvolvimento dos centros urbanos está associado ao aumento da geração dos resíduos sólidos. De acordo com a ABRECON (2015), a geração de resíduos das construções

e demolições nas cidades de grande e médio portes é cerca de 40 a 70% dos resíduos sólidos totais gerados nos municípios, cujo destino incorreto ocasiona prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Os materiais utilizados na construção civil são de fonte esgotáveis, sendo assim, desde a etapa inicial até sua finalização, os processos construtivos são responsáveis pela grande geração de resíduos sólidos nas cidades (SABÓIA, 2013). Os principais resíduos gerados são pedras, tijolos/blocos, areia, cimento, argamassa, concreto, madeira, cal e ferro, no qual grande parte desses entulhos produzidos são depositados de forma irregular (terrenos baldios, nas margens de rios, córregos, nas encostas e em outras áreas públicas).

Segundo Baptista Junior e Romanel (2013), um dos principais impactos ambientais do planeta é causado pela produção e descarte de resíduos da indústria da construção civil, seja pela quantidade descartada diariamente ou pelo uso irracional das jazidas de recursos naturais. Além de problemas ambientais, o recolhimento dos RCC acumulados irregularmente nas vias públicas onera ainda mais os custos dos municípios, causando também relevantes impactos econômicos. (KARPINSK, 2007).

Portanto, necessita-se de políticas que solucionem ou minimizem esses danos, para que as consequências não sejam graves e até mesmo irreversíveis para as gerações futuras. Com isso, a partir de um conjunto de ações e técnicas e o correto manuseio dos recursos disponíveis, a sustentabilidade se baseia em reduzir, reutilizar e reciclar, estabelecendo assim uma relação harmônica entre o consumidor e o meio ambiente (MORAND, 2016).

De acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a cidade de Mossoró-RN no estado do Rio Grande do Norte apresentou, em 2021, uma população de 303.792 habitantes, mantendo-se como a segunda cidade mais populosa do estado. A taxa de crescimento estimada em 1,53% nos últimos dez anos também se deve a diversificação de oportunidades de trabalho com a chegada de instituições públicas e empresas, aquecendo o setor da construção civil com demandas de novas obras habitacionais e de infraestrutura, reformas, ampliações e demolições e, nesse sentido, aumento na geração de RCC.

A média mensal de RCC coletados só pela prefeitura é de 20.000 m³ e existe uma grande quantidade de pontos de disposição irregular desses resíduos em logradouros públicos e terrenos baldios. De acordo com a Prefeitura Municipal (MOSSORÓ, 2019), existem cerca 425 pontos de deposição clandestina nos limites geográficos do município, o que tem onerado os custos públicos com serviços de coleta. Além disso, as áreas de disposição desses resíduos utilizadas pela própria prefeitura também não apresentam qualquer prática de triagem ou tratamento adequado para recepção desses resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Segundo Mourão (2015) cabe à gestão municipal a direção de políticas públicas para o manejo adequado dos RCC nas delimitações geográficas de seu território, cujo objetivo seja de providenciar o local de disposição final, além de fiscalizar a disposição em áreas inapropriadas.

Portanto, percebe-se a necessidade de implantação de diretrizes para o gerenciamento dos RCC gerados no município na busca de reduzir impactos ambientais, econômicos e sociais causados pelo exercício da construção civil. Assim, com base nestas considerações, a questão dessa pesquisa é: **que práticas de gestão que podem ser tomadas para propor a redução, reutilização, reciclagem de RCC no município de Mossoró-RN?**

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Partindo da perspectiva apresentada, este trabalho se propõe a objetivo avaliar a gestão dos resíduos da construção civil do município de Mossoró-RN e propor alternativas visando o gerenciamento adequado e a preservação ambiental. Para atingir este objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Efetuar uma análise de produção bibliográfica sobre a utilização de tecnologia da informação aplicada a gestão urbana de resíduos da construção civil;
- b) Realizar um diagnóstico quantitativo dos resíduos da construção civil coletados pela iniciativa privada e pelo poder público no município de Mossoró-RN;
- c) Mapear áreas de disposição dos RCC;
- d) Desenvolver uma proposta de aplicativo que auxilie a gestão integrada dos RCC no município.

1.4 JUSTIFICATIVA

Considerando o aumento na geração de resíduos da construção civil e o alto índice de sua disposição irregular, sobretudo em vias e logradouros públicos, e as legislações relativas à gestão de resíduos sólidos, se faz necessário o uso de ferramentas que auxiliem as administrações municipais no que se refere ao desenvolvimento de políticas públicas para uma gestão sustentável.

No município de Mossoró-RN, os custos com limpeza pública representam aproximadamente 6% do orçamento municipal e a coleta de RCC tem impacto considerável

sobre esse percentual, uma vez que o poder público coleta cerca de 20.000 m³ desses resíduos por mês (SILVA; MORAIS, 2015). Embora a cidade disponha de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, não se verifica práticas efetivas com relação aos resíduos provenientes da construção civil, gerados e dispostos em grande escala de forma incorreta em vias públicas (ALMEIDA; COELHO, 2018).

Dessa forma, em virtude da escassez de práticas de gerenciamento dos resíduos da construção civil gerados e dispostos no município de Mossoró-RN, optou-se por estudar e desenvolver um protótipo de sistema operacional tecnológico de acesso facilitado e gratuito, que seja capaz de auxiliar aos geradores e ao poder público na gestão sustentável dos RCC gerados.

De maneira a oferecer um retorno à sociedade civil, essa pesquisa visa preencher uma lacuna existente sobre práticas de gestão de resíduos da construção civil e responder às exigências legais, tais como a Resolução CONAMA n°307/2002 (BRASIL, 2002) e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), além de atender uma demanda local.

Do ponto de vista acadêmico, o estudo voltado para práticas de gestão dos RCC contribui imediatamente para o avanço científico relacionado à gestão eficiente desses resíduos, proporcionando desenvolvimento sustentável e contribuindo para conservação do meio ambiente (JIN; YUAN; CHEN, 2019).

O produto tecnológico desta pesquisa, em forma de protótipo de um aplicativo, possibilitará o acesso a informações sobre definições e classificação dos resíduos da construção civil, seus agentes envolvidos, e suas responsabilidades, e estabelecerá um novo meio de comunicação entre geradores, transportadores, coletores e a gestão municipal, auxiliando, assim, no desenvolvimento e implementação de políticas que visem a redução de problemas oriundos da geração de RCC, garantindo, dessa forma, aderência do trabalho.

Logo, sob essa perspectiva, este trabalho possui aplicação social, uma vez que seus resultados estarão disponibilizados gratuitamente para a administração municipal e a sociedade em geral, de maneira a contribuir significativamente no auxílio ao gerenciamento dos RCC no município de Mossoró-RN, onde se espera que possa diminuir a disposição irregular desses resíduos, reduzindo custos e colaborando para a conservação do meio ambiente no emprego de práticas para uma gestão sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são definidos e discutidos os principais temas referentes aos resíduos da construção civil, tais como definições, geração, impactos gerados pelos RCC, legislação pertinente e gerenciamento adequado.

2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os Resíduos da Construção Civil (RCC), geralmente chamados de entulhos, são aqueles provenientes de atividades de preparo e escavação de solo, construções, reformas, demolições e demais práticas da construção civil, definidos assim pela Resolução N° 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2002). Alguns autores descrevem ainda como detritos gerados a partir de construções de edifícios, atividades de renovação de prédios e obras de rodovias, por exemplo, e descendem de uma variedade de materiais inertes e não inertes, como concreto, aço, madeira, vidro e outros.

De acordo com Resolução n°307/2002 do CONAMA (BRASIL, 2002) e alterações dadas pelas resoluções CONAMA 348 (BRASIL, 2004), 431 (BRASIL, 2011) e 469 (BRASIL, 2015), esses resíduos são classificados da seguinte forma:

Resíduos Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Resíduos Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

Resíduos Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

Resíduos Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (BRASIL, 2002; 2004; 2011; 2015).

Segundo Duan, Wang e Huang (2015), as gerações de resíduos da construção civil são provenientes de dois processos diferentes, sendo eles as construções e as demolições. As

demolições, na maioria dos casos, geram um percentual de resíduos 10 vezes maior que os oriundos das construções em si e, além disso, os sólidos das demolições estão na maioria das vezes contaminados com outros tipos de resíduos como, por exemplo, tintas, substâncias de contato, sujeiras e outros.

A diversidade de sólidos, bem como sua composição, varia muito em função do seu processo produtivo, como o local e tipo da extração e a utilização, além de fatores ambientais e econômicos que podem estar atrelados (WU *et al*, 2019).

Já a quantidade de RCC gerado pode estar atribuída ao tamanho da área construída e de processos construtivos. Para estabelecer parâmetros que permita o cálculo dos resíduos gerados em uma determinada localidade, Pinto (1999) se fundamenta em três bases de sustentação: a estimativa da área construída, o movimento de cargas coletoras e o monitoramento de descargas nas áreas de disposição final.

Sobre essa perspectiva, existem alguns estudos realizados no Brasil cuja estimativa de geração per capita de RCC nas cidades são levantadas pela quantidade de habitantes, multiplicada pela massa estimada de resíduos por dia, utilizando os parâmetros sugeridos por Pinto (1999). Assim, para uma cidade cuja população é em média 320.000 habitantes, estima-se a geração de cerca de 680 toneladas de RCC por dia.

Dessa forma, a geração de RCC pelas atividades da construção civil nas cidades do país possui um alto volume, que se fosse bem gerenciada com medidas sustentáveis como a reciclagem e a reutilização do material produzido poderiam suprir outras necessidades da cidade, como a aplicação desses sólidos em obras de pavimentação e recuperação de áreas degradadas. Além disso, os custos gerados com a coleta da disposição irregular poderiam ser redirecionados para atender outros déficits necessários (PINTO, 1999).

Um fator importante contribuinte para essa geração de RCC é o crescimento populacional urbano, que pressiona o setor da construção civil por mais unidades habitacionais e infraestrutura, e assim se verifica geração de RCC em larga escala.

Alguns fatores influenciam diretamente no aumento de RCC gerados, quando são executadas construções sem o ordenamento gerencial necessário, como, por exemplo, a utilização de mão de obra desqualificada, ausência de projetos que quantifiquem os resíduos a serem utilizados de forma a reduzir perdas, além da falta de procedimentos operacionais de controle de execução (MARQUES NETO, 2003).

2.2 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A geração dos resíduos da construção civil (RCC) está aumentando no mundo inteiro, e esse processo está atrelado ao desenvolvimento acelerado da urbanização (KABIRIFAR *et al.*, 2020). Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA, cerca de 50 a 70% dos Resíduos Sólidos Urbanos gerados no Brasil equivalem aos RCC (BRASIL, 2015). Além disso, esse tipo de resíduo corresponde a 40% do volume dos aterros sanitários urbanos, onde o volume de entulhos gerados pelo setor da construção civil é duas vezes maior que o volume de resíduos sólidos urbanos.

De acordo com os dados do Governo Federal, os números apontam ainda um aumento gradativo na geração e disposição irregular desses resíduos, sobretudo naqueles coletados pela administração municipal (SNIS, 2015). Esses resíduos são gerados a partir de várias atividades construtivas e em todo seu processo causam grandes impactos, pois trata-se de uma cadeia produtiva de grande volume de massa. O montante gerado é medido nacionalmente por uma média de taxa de geração anual, que chega a 0,5 t/hab para as cidades de médio e grande porte (AGUSTONI, 2018).

Dessa forma, observa-se que existe um excessivo volume de RCC produzido, assim como gerados por desperdício no processo construtivo sem utilização de tecnologias mais avançadas. Esses resíduos podem causar inúmeros danos socioambientais, já que está se tratando de uma taxa de geração com volumes elevados, dispostos, na maioria das vezes de forma ilegal e sem atender às práticas ambientais. Portanto, é importante a existência de políticas que promovam a minimização dos impactos causados, utilizando-se, sobretudo de práticas sustentáveis como a redução na fonte, a reutilização ou a reciclagem desses materiais.

Na busca por essas soluções algumas ações vêm sendo tomadas a nível nacional, destacando-se o Estatuto das Cidades, Lei Federal nº 10.257/2011, que se preocupa com o pleno desenvolvimento das funções sociais dos municípios (BRASIL, 2011). Além da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 e suas alterações, que estabelecem diretrizes e procedimentos para a gestão de RCC nos municípios brasileiros (BRASIL, 2002; 2004; 2011; 2012; 2015) e a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). No entanto, essas leis e resoluções enfrentam inúmeros desafios para serem respeitadas, sendo necessário o engajamento de todos os envolvidos na geração de RCC, sejam construtores, profissionais, órgãos de fiscalização e sociedade em geral, de modo a reduzir os impactos conforme a capacidade de sustentação estimada.

2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O processo produtivo das atividades da construção civil tem causado inúmeros impactos ambientais, pois exige exploração de recursos naturais em grande escala. Um dos problemas mais incidentes tem sido ocasionado pela disposição irregular dos resíduos provenientes da construção civil, sobretudo os despejados em logradouros públicos. Segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON, mais da metade dos municípios brasileiros destinam os RCC coletados para os lixões ou demais áreas sem as devidas licenças ambientais para tal uso e ocupação do solo, causando impactos ambientais relevantes para as comunidades urbanas, o que poderia ser evitado caso fossem reciclados ou reutilizados (LOPES; PERTEL, 2021).

A Resolução CONAMA n° 01 (BRASIL, 1986) define impacto ambiental da seguinte maneira:

Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Da extração dos sólidos utilizados nas atividades da construção civil, até à disposição final dos resíduos são detectados impactos ambientais relevantes. Estima-se que o setor construtivo no Brasil consuma uma média de 20 a 50% dos recursos naturais do país e que o consumo de agregados naturais para fabricação de concreto, por exemplo, está em torno de 220 milhões de toneladas por ano (MARQUES NETO, 2003). Com isso, estima-se o esgotamento de reservas naturais para insumos da construção civil, tais como areia, pedras, zinco e cobre.

O consumo em grande escala de materiais da construção implica também em uma significativa demanda por conteúdo energético, pois esses materiais necessitam ser transportados e transformados. Estudos feitos por Pinto (1999), Marques Neto (2003) aponta que cerca de 80% de energia utilizada na construção de edifícios seja consumida na produção e transporte de materiais.

Além disso, a disposição inapropriada desses resíduos leva ao desencadeamento de outros danos relacionados aos mais variados resíduos sólidos (PINTO, 1999). No que se

refere à poluição, a geração e disposição irregular de RCC também têm afetado em larga escala contribuindo para o crescimento desses problemas. No processo produtivo dos materiais utilizados na construção civil esse dano pode acontecer devido à geração de poeira, ruído, além de emissão de gases poluentes oriundos das práticas industriais.

Marques Neto (2003) destaca como exemplo a poluição do ar causada pela emissão de CO₂ emitido na atmosfera devido a produção de cimento e cal. O autor descreve que para cada tonelada de cal virgem, cerca de 785kg de CO₂ é lançado na atmosfera e aponta ainda a indústria cimenteira como representante de 6% de toda poluição atmosférica no Brasil.

A poluição dos mananciais é outro problema incidente no que se refere às influências do uso e disposição de RCC, uma vez que em seu processo produtivo, as indústrias do ramo geram e podem lançar substâncias tóxicas em mananciais aquíferos. Nesse mesmo contexto, RCC lançados inadequadamente no solo e com a incidência de chuvas podem gerar lixiviações que são transportados pelas drenagens naturais aos mananciais.

A ocupação do solo urbano, a redução de áreas verdes, as diminuições de áreas permeáveis, entre outros, também podem ser evidenciadas pela geração e disposição irregular de RCC (MARQUES NETO, 2003).

Desse modo, observando esses impactos é importante a minimização ou mesmo eliminação dos danos ambientais causados por esses resíduos. A ABRECON aponta que de todo volume de RCC gerado no Brasil, apenas 20% de seu montante é reciclado. No entanto, estudos realizados em países como a Bélgica e Holanda apontam que cerca de 70 a 80% desses resíduos são reciclados, indicando que existe a possibilidade de implementar tais práticas no Brasil, visando reduzir impactos ambientais causados.

Lopes e Pertel (2021) citam diversas alternativas para que os RCC não danifiquem o meio ambiente e sugerem que cabe ao poder público incentivar o uso de práticas sustentáveis, além de regulamentar e fiscalizar a correta destinação desses resíduos. Os autores sugerem a reutilização de RCC em camadas de sub-base para pavimentações, fabricação de argamassas de assentamento, produção de cimentos compostos, produção de tijolos, entre vários outros.

Práticas de auxílio ao gerenciamento desses resíduos também são importantes, tais como as mostradas em vários estudos que dão ciência da importância e eficácia de implantação de usinas de reciclagem, pontos de coleta voluntária, ferramentas tecnológicas para acesso a informações e coleta de dados para diagnósticos, entre outras diversas alternativas que se mostram viáveis para uma gestão sustentável e redução desses impactos (LOPES; PERTEL, 2021).

2.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os impactos gerados pelo processo de geração de RCC podem ser ainda mais relevantes quando não são destinados de forma correta, evidenciando a necessidade de um gerenciamento eficiente, visando mitigar impactos negativos causados nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais (KABIRIFAR *et al.*, 2020).

Para compreender sobre gerenciamento, é importante observar que a gestão desses resíduos é definida por Nagalli (2014) como um processo amplo constituído pelo conjunto de políticas públicas, leis e normas que direcionam a atuação dos gestores envolvidos, voltando-se a atividades públicas que promovam a condução de uma prática. Já o gerenciamento de resíduos está voltado ao processo de planejamento e controle dos setores produtivos e se ocupa nas práticas efetivas do trato direto com os resíduos, que possam promover ações sustentáveis, visando o bem comum (NAGALLI, 2014).

Santana (2016) afirma que a maior parte das práticas exercidas pela administração pública em relação ao gerenciamento do RCC é de caráter emergencial e corretivo, explicadas pela ausência de conhecimento técnico dos gestores sobre essa problemática. Assim, denominada pelo mesmo autor como ação corretiva, a maior parte das atividades exercidas pelas gestões públicas caracterizam-se por conter práticas não preventivas, repetitivas, onerosas e sem tempo hábil, sem gerar resultados positivos pertinentes e conseqüentemente ineficazes (SANTANA, 2016).

O autor propõe que partam da administração pública ações que promovam ferramentas de cunho ambiental, social e econômico, relacionado ao gerenciamento do RCC, sendo definida como gestão diferenciada, aquela que vise o trabalho com modelos eficientes, de menor custo, de modo a promover a redução, reutilização e a reciclagem desses resíduos nos âmbitos urbanos (SANTANA, 2016).

Segundo estudos realizados por Kabirifar *et al.* (2020), para resolver problemas relacionados aos impactos negativos causados pela geração de RCC é crucial considerar práticas eficientes de gestão partindo de uma perspectiva sustentável, de modo a desenvolver alternativas que atendam às necessidades do mercado da construção civil e, ao mesmo tempo, siga os parâmetros ambientais exigidos de acordo com a legislação. Os mesmos autores citam a política dos 3Rs, que enfatiza a redução, reutilização e a reciclagem desses resíduos como uma das práticas que mais contribui para a redução da disposição inadequada do RCC.

Essa política baseada no Princípio dos 3 Rs para uma gestão sustentável dos resíduos sólidos foi apresentada na Agenda 21 e está relacionada com o descarte desses resíduos. A

hierarquia dessa política objetiva causar o menor impacto negativo possível e baseia-se em reduzir a geração excessiva e muitas vezes desnecessária dos resíduos; reutilizar os insumos de modo a produzir menos e reaproveitar o máximo possível os resíduos; e por fim, a reciclagem, que é a proposta de transformação ou tratamento que o resíduo deve passar, de modo a ser utilizado novamente (GLÓRIA; RIBEIRO JÚNIOR; SOUSA; 2020).

Santana (2016) ressalta que, para que essas práticas sejam sustentáveis, é crucial que exista a busca constante por soluções eficientes e perenes, de acordo com as realidades físicas, sociais e econômicas de cada cidade, atendendo às diversas características de cada agente envolvido desde a geração até a disposição final desses resíduos, seguindo as diretrizes apresentadas pelas Resoluções do CONAMA 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015 (BRASIL, 2002; 2004; 2011; 2012; 2015).

A Resolução nº307/2002 do CONAMA estabelece que cada município deve dispor de um plano municipal de gestão de resíduos da construção civil, descrevendo oito medidas essenciais para que haja eficiência no gerenciamento desses resíduos (BRASIL, 2002; 2012):

- I - As diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores;(...)
- II - O cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento; (...)
- III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e preservação de resíduos e de disposição final de rejeitos; (...)
- IV - A proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;
- V - O incentivo a reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- VI - A definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- VII - As ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- VIII - As ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Além das diretrizes apresentadas pelas resoluções do CONAMA, os municípios brasileiros ainda podem implantar seus próprios sistemas de gestão diferenciada para RCC gerados dentro de seus limites geográficos, ou desenvolver legislações que contribuam para essas práticas. No município de Mossoró-RN a Lei Complementar nº 026/2008, que “Institui

o código de meio ambiente, fixa a política municipal do meio ambiente e cria o sistema municipal do meio ambiente do município de Mossoró”, dispõe em seu Capítulo IV sobre a coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos urbanos, incluindo-se nesse item os entulhos procedentes de obras de construção civil (MOSSORÓ, 2008).

Dessa forma, o gerenciamento eficiente dos resíduos da construção civil é crucial para resolver inúmeros problemas causados ao meio ambiente, aos recursos naturais, à economia e à sociedade como um todo. Pesquisas sobre modelos de gestão para o RCC podem ser encontradas na literatura, como também as citadas por Kabirifar *et al.* (2020), transição para economia circular na gestão de RCC (CRISTIANO *et al.*, 2021) e várias outras abordagens tais como uso de tecnologia de informação, como a Modelagem de Informação da Construção (BIM) usada em projetos para minimizar os resíduos (GUERRA *et al.*, 2020), tecnologias de fabricação de materiais reciclados, entre outros.

Já Santana (2016) sugere ainda que várias dessas práticas de gestão que podem ser executadas, tanto nos âmbitos públicos quanto privados, como a implantação de redes de pontos de coleta de pequenos volumes e redes de áreas para manejo de grandes volumes, dispondo assim de infraestrutura para o exercício das responsabilidades a serem definidas em cada modelo de gestão. A implantação dessas variadas práticas de gestão deve objetivar sempre o incentivo aos agentes envolvidos na geração e transporte do RCC a assumirem suas responsabilidades e se empenharem na manutenção e melhoria da qualidade ambiental de sua localidade (SANTANA, 2016).

2.4.1 Redes de pontos de entrega de pequenos volumes - Ecopontos

Uma das ferramentas encontradas na literatura cujo objetivo é contribuir no gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (RCC), é o sistema de Redes de Entrega de Pequenos Volumes de resíduos, também conhecida como rede de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) ou ainda como Ecopontos.

Segundo a Resolução CONAMA n° 307/2002 e suas alterações, é estabelecido que seja de responsabilidade do gerador dos resíduos o gerenciamento dos mesmos, desde a extração até a sua disposição final. Porém, Santana (2016), unindo-se aos apontamentos do CONAMA, afirma que cabe a administração pública municipal o provimento de áreas de coleta para pequenos volumes de RCC, além de gerenciar a sua disposição final (BRASIL, 2002; 2012).

Dessa forma, define-se como Pontos de Entrega de Pequenos Volumes ou Ecopontos, áreas públicas destinadas a receber de 1 a 2 m³ de RCC por habitante dia (ROSADO; PENTEADO, 2018). Já a Norma Brasileira nº 15.112/2004 define como “área de transbordo e triagem de pequeno porte, destinada a entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção civil e resíduos volumosos, integrante do sistema público de limpeza urbana” (ABNT, 2004).

Partindo da definição dos ecopontos, Rosado e Penteado (2018) afirmam que quando essa rede de coleta é bem gerenciada, seus resultados incidem em uma solução inteligente no sentido de destinação correta e sustentável para os resíduos de pequenos geradores, auxiliando na mitigação de impactos ambientais causados pela destinação irregular de RCC.

Embora existam diversos modelos estruturais e organizacionais dos ecopontos instalados nos municípios brasileiros, a grande maioria possui restrições quanto ao tipo de resíduos que se é coletado, não recebendo, em geral, resíduos como latas de tinta e amianto, por serem definidos pela Resolução CONAMA nº307/2002 e suas atualizações, como materiais perigosos (ROSADO; PENTEADO, 2018).

Os mesmos autores descrevem que em geral, a estrutura dos ecopontos é constituída de áreas cercadas, com duas ou três caçambas para o recebimento dos resíduos de Classe A, incluindo podas de árvores e *bags* para o armazenamento dos materiais recicláveis. Podem possuir também estruturas para sua administração, como espaço para escritório e sanitário. Rosado e Penteado (2018) descrevem ainda sobre a necessidade de conter placas de identificação dos Ecopontos, contendo informativos descrevendo o tipo de resíduos que é possível serem dispostos no local, esclarecimentos sobre procedimentos de utilização de ecopontos, contatos para denúncias de disposição irregular nos limites do município, além de temas sobre educação para sustentabilidade e outros.

A NBR 15.112/2004 que trata de Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação, apresenta as condições para implantação dos Ecopontos, define que eles devem dispor de isolamento, identificação, Equipamento de Proteção Individual e um Sistema de Proteção Ambiental (ABNT, 2004).

As condições para operação definidas pela NBR 15.112, em seu item 7.1 apontam que os resíduos recebidos devem ser controlados quanto a sua procedência, quantidade e qualidade conforme o controle de transporte de resíduos, a mesma norma dispõe sobre o controle qualitativo e quantitativo dos resíduos e sobre todas as diretrizes necessárias para implantação do Ecoponto (BRASIL, 2004a).

Segundo Silva *et al.* (2017), os Ecopontos funcionam como áreas de organização temporária dos resíduos que posteriormente venham a ser disposto de forma correta pela sua administração, com objetivo de promover a coleta e o transporte. Os autores afirmam ainda que suas estruturas em geral recebem tanto os resíduos da construção civil quanto podas de árvores e afins que estejam previamente listados em suas definições de coleta. Assim, os Ecopontos devem atender diretamente aos pequenos geradores, a fim de contribuir para a eficiência e eficácia dos serviços de limpeza urbana dos municípios (SILVA, *et al.*, 2017).

Em se tratando de áreas municipais, é comum deparar-se visivelmente com resíduos da construção e demolição, podas de árvores dentre outros, espalhados por vias públicas. É importante salientar que não compete a gestão municipal a coleta desses tipos de resíduos, no entanto, é necessária à sua execução, uma vez que a maior parte dos RCC são dispostos pela população em áreas públicas, ruas e avenidas das cidades, como é exposto na Fotografia 1, causando transtornos ambientais e pondo em risco a saúde da população.

Fotografia 1 - Disposição irregular de RCC em vias públicas em Natal-RN



Fonte: Elaboração própria (2021).

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (2020), no Brasil, cerca de 84 milhões de m³ de RCC tem sido gerado anualmente, onde 45 milhões de toneladas foram coletadas pelos municípios. Na região Nordeste, destaca-se 24.123 toneladas/dia desses resíduos coletados (MMA, 2020). Já no município de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte (RN), no ano de 2018 foi coletada uma média de 253 toneladas/dia de RCC e podas de árvores (NATAL, 2018).

Nesse município, em locais onde eram depositados resíduos de forma desordenados, foram instalados Ecopontos cuja intenção foi de melhorar as condições de acondicionamento

dos resíduos sólidos gerados em sua área de influência. Atualmente, existem três Ecopontos em Natal, localizados nos bairros de Parque dos Coqueiros, Ponta Negra e Cidade Alta em funcionamento. A Figura 1 mostra um mapa da localização desses pontos nas delimitações do município.

Figura 1 - Mapa de localização de Ecopontos no município do Natal/RN



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Natal (2015).

No município de Natal-RN esses três pontos de sistema de Redes de Entrega de Pequenos Volumes de resíduos funcionam conforme licença do órgão ambiental municipal e são proibidos de receberem resíduos domiciliares e perigosos. São comumente conhecidos também como “Pontos Verdes” e recebem, além de RCC, material oriundo de poda de árvores, óleo de cozinha usado e materiais trazidos por carroceiros ou moradores das

comunidades, sendo permitido até 1 m³ por carrada. Nesse caso, associações de catadores são responsáveis por recolherem os materiais recicláveis e o resíduo oleoso, sendo este último, usado comumente na fabricação de sabão.

Esses Ecopontos possuem uma estrutura composta por um espaço para escritório, depósito e banheiro. Existe um pátio de disposição e geralmente possui de 3 a 4 caçambas estacionárias com capacidade para 7m³ cada. Existe ainda um segundo espaço para manobras de caminhões. De maneira geral, sua operação funciona em dias úteis das 6 às 18 horas, e com seu horário reduzido em feriados e finais de semana. Os mesmos contam sempre com a presença de dois funcionários da Companhia de Serviços Urbanos - URBANA (Empresa de economia mista responsável pela limpeza pública da cidade do Natal).

A Fotografia 2 apresenta imagens do Ecoponto do Baldo, situado no bairro Cidade Alta em Natal/RN.

Fotografia 2 - Ecoponto do Baldo – Natal/RN



Fonte: Elaboração própria (2021).

Especificamente na cidade de Natal/RN, os resíduos coletados nos três Ecopontos existentes são destinados para uma área no bairro de Cidade Nova e possui autorização concedida pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Alguns tipos de resíduos também são coletados por catadores e recicladores cadastrados, como os resíduos de podas que são utilizados para retirada da lenha, utilizados,

por exemplo, para produção e venda de carvão vegetal. Parte desses resíduos também são coletados por uma empresa cadastrada e parceira do município, que destina para usinas de reciclagens localizadas nos municípios de São José de Mipibú e São Gonçalo do Amarante, ambas no estado do Rio Grande do Norte.

A gestão dos Ecopontos do Município de Natal-RN, funciona conforme o fluxograma mostrado na Figura 2, apresentado por Silva *et al.*, (2017).

Figura 2 - Gestão de RCC para pequenos geradores em Natal – RN



Fonte: Silva *et. al* (2017).

Assim, ao observar as definições, diretrizes e execução do emprego de Ecopontos em municípios, Silva *et al.* (2017) descrevem que existem inúmeras vantagens no uso dessa ferramenta de gestão sustentável para resíduos da construção civil, tais como a manutenção da limpeza das ruas, logradouros e terrenos baldios, redução da poluição visual do solo e da água, redução de odores e vetores, entre outros. No entanto, devido ao pequeno número de ecopontos ainda verifica-se em Natal-RN diversos pontos de disposição de RCC em vias públicas ou terrenos baldios.

2.4.2 Usinas de reciclagem de RCC

Em termos de gerenciamento de resíduos para preservação ambiental, o tratamento mais favorável é a reciclagem, cujas vantagens são inúmeras, destacando-se a conservação e preservação do solo; otimização da vida útil de aterros; melhoria do estado ambiental em termos de energia e poluição; minimização no consumo de recursos naturais; além da geração de emprego e renda em práticas recicláveis (SHI, *et al.*, 2019).

Em se tratando ainda da reciclagem dos RCC, essa atividade é tida como uma oportunidade de lucratividade, pois possibilita tanto o ganho econômico, quanto à redução de despesas com a deposição irregular, além de reduzir o volume da extração de recursos naturais utilizados como matéria prima, contribuindo também com a preservação ambiental.

Os RCC em sua maioria são classificados como materiais inertes. Quando passam por um processo de reciclagem apresentam propriedades físicas e químicas apropriadas para reutilização na própria construção civil. Pinto (1999) descreve que se todo RCC gerado nas cidades fossem submetidos a um processo de reutilização ou reciclagem não seria necessário à extração de novos insumos naturais.

Assim, observando os benefícios ofertados com a prática da reciclagem dos resíduos da construção civil as Usinas de Reciclagem apresentam-se como uma ferramenta importante no auxílio para o gerenciamento eficaz dos resíduos da construção civil.

As definições para Usina de reciclagem, Central de Reciclagem, Área de Reciclagem ou Recicladora, podem ser encontradas na Norma Técnica Brasileira (NBR) 15.114 de 2004, como um espaço físico constituído de equipamentos apropriados para o beneficiamento dos resíduos da construção civil de Classe A. Essa área é constituída de pátios com capacidade física para estocagem, receptação, manuseios e armazenamento dos produtos recicláveis com capacidade de acesso para manobras veiculares e área administrativa.

Já Ulubeyli, Kazar e Arslan (2017), definem como o local ambientalmente apropriado para disposição dos resíduos provenientes da construção civil, sendo subdivididas como fixas e móveis. As usinas móveis são compostas geralmente de um caminhão, uma britadeira móvel e uma peneira rotatória móvel e são aplicadas em demolições de obras de pequeno e médio porte, e geralmente transformam o resíduo no próprio local da geração. A usina fixa é construída em terreno com dimensões apropriadas e calculadas previamente de modo a compor a capacidade esperada para cada região (ULUBEYLI; KAZAZ; ARSLAN, 2017).

Os equipamentos mais utilizados nas usinas de reciclagem assemelham-se aos empregados nas atividades mineradoras tais como alimentador do britador, britador, transporte de correias, separadores magnéticos e peneiras.

Em geral, a sequência operacional nas usinas de reciclagem de RCC inicia-se com a pesagem do material que é recebido em sua área de disposição passando por um processo de separação por meio de pás carregadeiras, britagem, transformação e estocagem. O Fluxograma 1 demonstra o passo a passo do processo operacional de reciclagem conforme descrito por Porto (2011).

Fluxograma 1 - Processo operacional de uma Usina de Reciclagem



Fonte: Elaboração própria (2021).

O autor descreve que quando o entulho é transportado para a Usina de reciclagem em geral por caminhões de cargas, são direcionados para o pátio de recepção onde passam por uma vistoria inicial, cujo intuito é uma análise primária observando se a carga é compatível com o equipamento de trituração que se tem nas instalações. Caso não seja compatível, o mesmo é destinado para outro local tais como aterros de resíduos de classe A de preservação de material para usos futuros, conforme estabelece a resolução (BRASIL, 2012); já se a carga for compatível é direcionada para o processo de descarga e segregação, onde os resíduos são separados de forma manual, separando os servíveis daqueles que são apropriados para reciclagem no local. A fotografia 3 mostra resíduos que foram descarregados em uma usina oriundos de uma demolição.

Fotografia 3 - Resíduos dispostos em Usina de Reciclagem para vistoria inicial



Fonte: Elaboração própria (2021).

Nesta etapa, é comum o uso de pás carregadeira, auxiliando na separação dos resíduos de maiores volumes e assim os resíduos passam a ser classificados como materiais comercializáveis e inservíveis. Geralmente os resíduos cujo volume é superior à capacidade suportada das máquinas locais e podem ser submetidos a rompimento ou descarte. Nesta etapa, é importante observar que tipo de matéria prima os equipamentos de tritura suportam,

evitando danificá-los, como por exemplo, blocos de concreto com ferragens sob os moinhos de médio porte (PORTO, 2011).

Após o processo de segregação o RCC compatível em granulometria passa por um processo de umedecimento por aspersão com objetivo de evitar a poeira decorrente da trituração. Em seguida, por meio da pá carregadeira os resíduos são direcionados ao alimentador que conduz a trituração por moinho, e depois é transportada por esteiras rolante até um separador magnético cujo intuito é a segregação dos resíduos metálicos (PORTO, 2011). Segundo Porto (2011), a fase final desse processo consiste no peneiramento do material segregado e triturado a fim de obter a granulometria desejada, seguindo para estocagem de acordo com sua classificação granulométrica.

As esteiras são montadas de modo a proporcionar um rodízio com deslocamento lateral em semicírculos no pátio da usina. Nestas etapas de organização do pátio, operação de maquinários e administração da usina se faz necessária mão de obra qualificada para tal serviço. A Fotografia 4, demonstra a distribuição do pátio com as esteiras e o material usinado.

Fotografia 4 - Distribuição do pátio de uma usina de reciclagem de RCC



Fonte: Elaboração própria (2021).

O Brasil tem registro de usinas de reciclagem em atividade com escala industrial desde 1995, entretanto, em termos de implantação já em 1991, havia a Usina de São Paulo tida como a primeira Usina de reciclagem do hemisfério Sul, cuja capacidade de produção era superior a 100 toneladas por hora (CUNHA, 2007).

Em seu estudo, Cunha (2007) relata que em 2002 no Brasil existiam 16 usinas instaladas e com um crescimento de três novas usinas por ano. Após a publicação da Resolução 307/2002 essa taxa de crescimento subiu para nove usinas por ano. Em sua pesquisa setorial, a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (2015) avaliou dados de 2008 a 2013, onde a taxa de crescimento aumentou para 10,6 usinas novas instaladas por ano, porém, nos anos de 2013 a 2015 houve uma estabilidade no crescimento da quantidade.

No relatório de pesquisa setorial de 2015, a ABRECON relata que no Brasil existe pelo menos 310 usinas espalhadas, tendo obtido colaboração para esse estudo de apenas 105 usinas (ABRECON, 2015). A ABRECON ainda relata que as usinas no Brasil possuem uma capacidade instalada de produção entre 5.000 e 10.000m³/mês, ou seja, tem uma capacidade nominal de produção de 25 a 50 m³/h.

Portanto, observando os dados apresentados pela ABRECON nota-se um importante papel desempenhado pelas usinas de reciclagem no que se refere a avanços tecnológicos e ambientais, entretanto, vale salientar que apenas a existência dessas usinas não soluciona os problemas oriundos da geração e disposição de resíduos.

Além disso, Cunha (2007) destaca para que essas usinas sejam plenamente viáveis é imprescindível que haja proximidade com os geradores de RCC, pois o sucesso dessas recicladoras está inteiramente ligado à construção de uma rede de captação de resíduos dentro da malha urbana envolvendo todas as classes de coletores. Além disso, a fiscalização do município junto a grandes geradores e aos transportadores, e a sensibilização dos pequenos geradores, são fundamentais para que se direcionem adequadamente os RCC para usinas de reciclagem e dessa forma se minimize os impactos do descarte no meio urbano e em áreas não licenciadas.

2.4.3 A utilização de Software na gestão dos resíduos

Wu *et al.* (2019) relatam que devido aos significativos impactos ambientais, sociais e econômicos, as últimas décadas testemunharam um rápido crescimento das pesquisas relacionadas a resíduos de construção e demolição. Muitos estudos têm por objetivo propor soluções para os inúmeros problemas socioambientais causados pela disposição irregular dos resíduos da construção civil. Alguns fatores como: a ausência de conhecimento sobre a legislação e normativas relacionadas; a escassez de recursos técnicos que promovam atividades de conscientização; falta do uso de práticas de comunicação entre os agentes

envolvidos; falta de fiscalização, entre outros, são tidos como justificativa para as proporções elevadas de impactos negativos causados por esta problemática (SCREMIN; CASTILHOS JÚNIOR; ROCHA, 2014).

Nesse contexto, o uso de ferramentas operacionais em formato de *software* para a gestão de resíduos de RCC vem sendo utilizadas pelas administrações municipais. Os sistemas propostos para apoio ao gerenciamento de RCC apresentam resultados pertinentes no que se refere a sua eficácia na proposição de medidas de mitigação para impactos socioambientais causados pela disposição irregular desses resíduos (FERREIRA NETO; LOPES, 2021).

Os sistemas em formato de *software* são definidos como um grupo de instruções computadorizadas que quando executadas sejam capazes de promover funcionalidade e desempenho (FERREIRA, 2019). O objetivo do uso dessas ferramentas é que elas ofereçam aos seus usuários mais que linguagem de programação, mas práticas organizacionais dotadas de inteligência artificial capaz de auxiliar em processos de tomadas de decisões, promoção de estratégias de comunicação, entre outros benefícios.

No âmbito da gestão de resíduos da construção civil os *softwares* em formatos de aplicativos têm sido empregados em atividades de gerenciamento, captura e armazenamento de dados e demais funcionalidades, de modo a auxiliar em diagnósticos, promover acesso fácil e prático a informações necessárias, estabelecendo ainda comunicação entre agentes envolvidos (FERREIRA NETO; LOPES, 2021).

Esses dispositivos são em sua maioria de fácil acesso, com *templates* cada vez mais modernos dispendo de diversas funções que podem quantificar, qualificar, armazenar dados, informar e até educar seus usuários. Além disso, segundo Ferreira Neto e Lopes (2021), essas ferramentas têm apresentado alinhamento com as diretrizes da Resolução n°307 do CONAMA e suas alterações, e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2002; 2010).

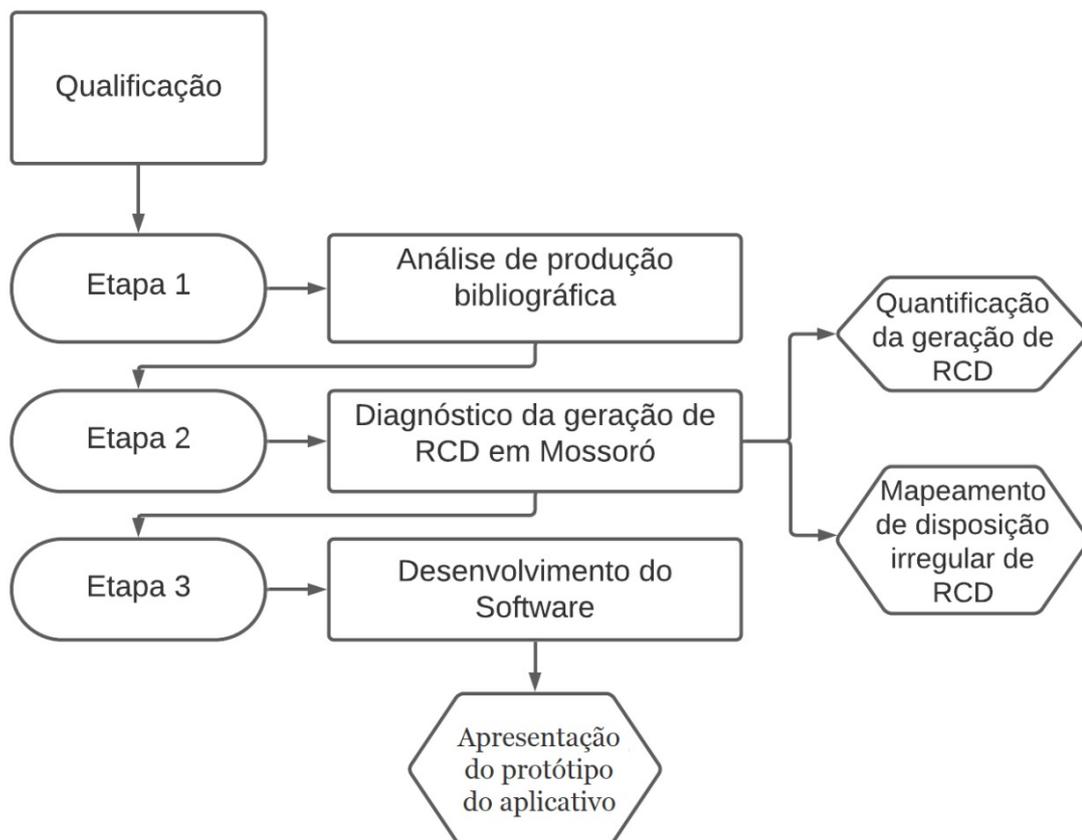
Assim, o emprego desses sistemas como alternativa para uma gestão sustentável, sobretudo relacionado a RCC, é considerado como de relevante utilidade por apresentar um grande volume de disposição de informação e pelo seu grande potencial de subsidiar ações de sustentabilidade aos seus usuários (SCREMIN; CASTILHOS JÚNIOR; ROCHA, 2014).

É importante ressaltar que o emprego dessas ferramentas já vem sendo utilizadas por gestões municipais, como por exemplo, o *software* utilizado por Tessaro (2012), servindo de auxílio para elaboração do diagnóstico de RCC no município de Pelotas/RS, apontando assim, viabilidade e eficácia as atribuições dessas ferramentas como práticas para gestão.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesse capítulo será realizada a abordagem da classificação da pesquisa, a caracterização da área de estudo, e as respectivas etapas e procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. O Fluxograma 2 demonstra a sequência da execução de cada Etapa deste estudo.

Fluxograma 2 - Etapas do estudo



Fonte: Elaboração própria (2022).

3.1 TIPO DE ESTUDO

Este trabalho se classifica como de caráter descritivo que é definido por Peverovano (2014) como tipo de pesquisa que pode ser entendida sob a análise de um episódio (estudo de caso), onde após a coleta de dados, é realizado um estudo das relações entre as variáveis para posteriormente ser feito um diagnóstico dos efeitos ocorridos. De acordo com Freitas *et al.* (2000), esse tipo de pesquisa pode ser descrito a partir de dados ou informações obtidas de grupo de pessoas (público-alvo) por meio de instrumento de pesquisa (questionário).

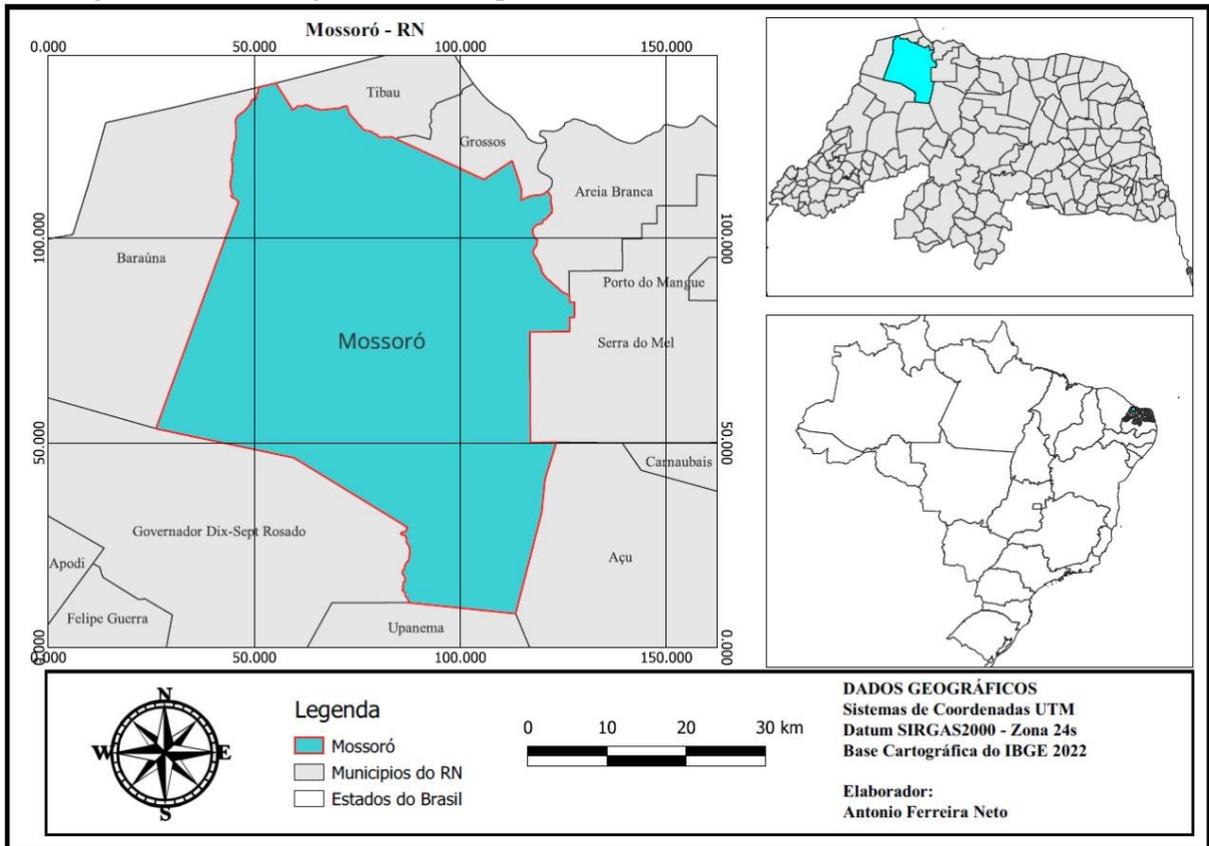
A análise deste estudo possui uma abordagem quali-quantitativa, observando dois tipos distintos de dados, sendo eles: os quantitativos da coleta de resíduos sólidos da construção e demolição realizada pela Prefeitura Municipal de Mossoró-RN e pelas empresas privadas devidamente cadastradas para tal atividade, em tonelada; a descrição e mapeamento das principais áreas de disposição regular e irregular de RCC no município, apontando seus respectivos quantitativos em cada localidade, além de descrever a geração e coleta de RCC pelo município de Mossoró-RN nos últimos 5 anos.

Dessa forma, a escolha em realizar este tipo de estudo se adapta aos objetivos da pesquisa, uma vez que com posse dos dados levantados, realizando interpretações estatísticas e qualitativas oriundas do estudo de caso, será possível uma melhor compreensão do objeto do estudo e poder propor soluções para os problemas diagnosticados.

3.2 ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN

O município de Mossoró-RN está localizado na mesorregião oeste do estado do Rio Grande do Norte (RN) e fica a 281 km de distância de Natal (RN) e 237 km de Fortaleza (CE), duas importantes capitais do Nordeste brasileiro. A cidade é a segunda mais populosa do estado, possui uma população estimada para o ano de 2021 de 303.792 habitantes, densidade demográfica de 144,7 hab./km² e uma área de 2.099,334 km², sendo a maior cidade do estado em termos territoriais. (IBGE, 2021). A Figura 3 apresenta a localização do município de Mossoró-RN no mapa do estado do Rio Grande do Norte.

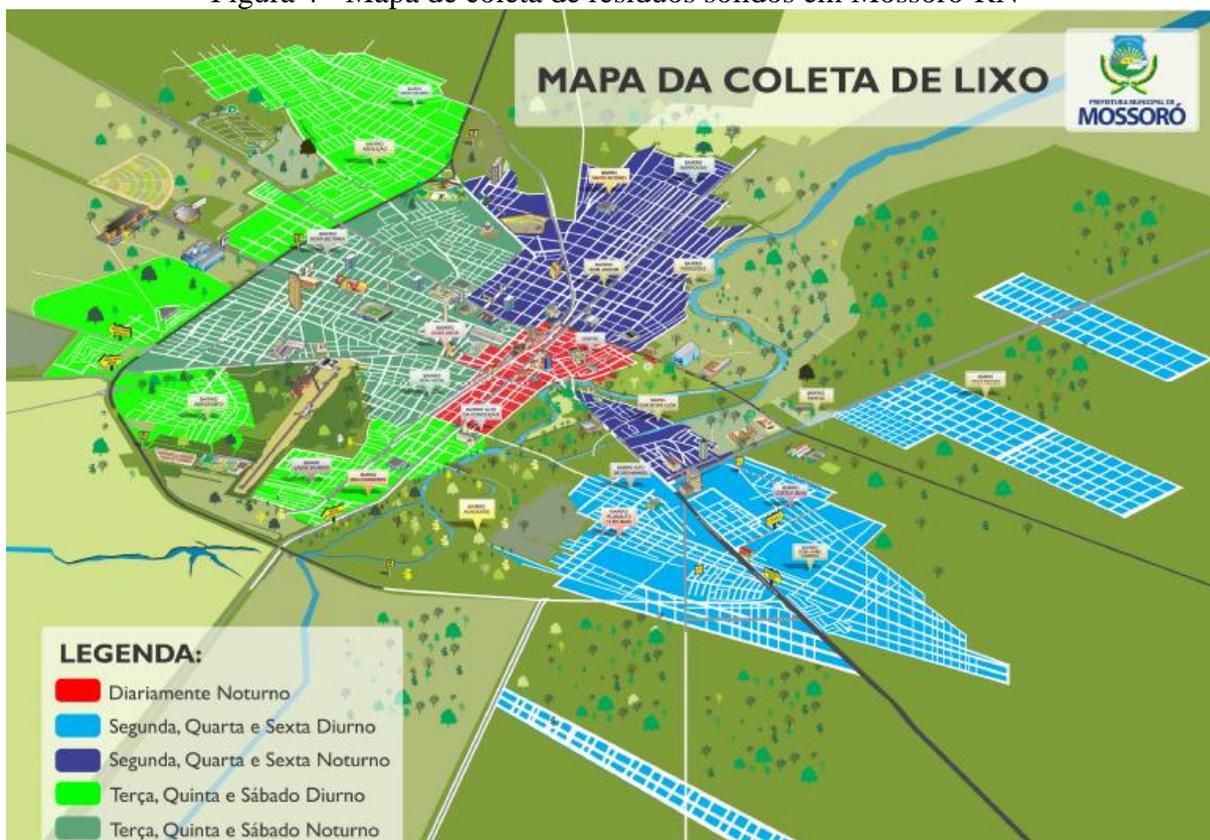
Figura 3 - Localização do Município de Mossoró no Estado do Rio Grande do Norte



Fonte: Elaboração própria (2022).

O município está dividido em 5 subcategorias administrativas, sendo elas: Zona Central, Zona Leste, Norte, Oeste e Zona Sul. A cidade possui mais de 30 bairros urbanos e dispõe de limpeza, varrição e remoção de resíduos em vias públicas em todos os seus bairros, conforme dados da Prefeitura Municipal de Mossoró-RN. Na Figura 4 é possível observar como se dá o plano de coleta de resíduos sólidos na área urbana de Mossoró-RN.

Figura 4 - Mapa de coleta de resíduos sólidos em Mossoró-RN



Fonte: Prefeitura Municipal de Mossoró (2016).

Mossoró-RN apresenta um ascendente desenvolvimento econômico, sendo a produção de petróleo em terra, o refino e sal marinho e a fruticultura irrigada as atividades de maior porte financeiro em exercício na região. Destacam-se ainda o turismo de negócios, as diversas atividades industriais e o setor imobiliário.

No ano de 2008 foi inaugurado o primeiro aterro sanitário da cidade, ocupando uma área de 10.820 m², composto inicialmente por dois espaços destinados a acomodar os mais diversos tipos de resíduos, substituindo assim o antigo lixão da cidade. O aterro sanitário recebe os resíduos sólidos domiciliares de Classe II (não inertes) e situa-se à margem direita da BR-101, no sentido Mossoró-RN a Areia Branca, aproximadamente 2,5 km da área urbana.

Os resíduos da construção civil juntamente com os provenientes de poda de árvores, são destinados ao Aterro de Resíduos da Construção e Demolição, situadas às margens da Estrada da Raiz (comunidade Rural), nas proximidades do antigo lixão. Outro ponto importante de disposição dos RCC no município é a área de Piçarreira Chico Mendes, localizada a aproximadamente 2 km de distância do aterro sanitário.

Em 2012 foi feito o Plano de Saneamento Básico Setorial para Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos da Cidade de Mossoró-RN, adequando-se os planos anteriores à Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

3.3.1 Etapa 1 – Análise de Produção Bibliográfica sobre a utilização de softwares aplicados a gestão municipal de resíduos da construção civil

Essa Etapa já foi desenvolvida, tendo seus resultados publicados por Ferreira Neto e Lopes (2021) no *IX Simpósio Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos* estando disponível em <https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/15246>. Nesta etapa foi realizado um estudo metodológico de revisão de literatura aplicado em análises científicas proposta por Bento (2012), cujo objetivo é observar como outros pesquisadores já trataram questões de um determinado tema, a fim de fornecer parâmetros pertinentes para outros estudos posteriores.

A análise incluiu a investigação de artigos científicos publicados no período de 2010 a 2021, com acesso gratuito disponível, avaliando o emprego de ferramentas tecnológicas em atividades de gestão de resíduos da construção e demolição. Com base nessa revisão foi possível identificar como o uso de ferramentas tecnológicas tem contribuído para o avanço de técnicas aplicadas à gestão de resíduos da construção e demolição e demonstrado alinhamento com premissas da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Essa etapa foi importante para a proposição do Produto Técnico deste trabalho, servindo de base para o desenvolvimento de um protótipo de *software* em formato de aplicativo, que disponha de acesso fácil e gratuito para troca de informações entre geradores e gestão pública municipal de modo a servir como ferramenta de auxílio na gestão de resíduos da construção e demolição no município de Mossoró-RN.

3.3.2 Etapa 2 – Diagnóstico da geração de RCC em Mossoró-RN

Para obtenção dos dados para o diagnóstico dos RCC do município de Mossoró-RN, a metodologia de caracterização destes resíduos buscou levantar os aspectos que cercam sua geração, manejo e disposição.

A caracterização quantitativa dos RCC fornece informações sobre a dimensão da sua geração e possibilita observar dados importantes sobre o processo desses resíduos desde a

coleta até sua disposição final. Já o mapeamento das áreas de disposição irregular no município de Mossoró-RN fornece uma visão dos locais vulneráveis a impactos ambientais.

Assim, com base nos dados sobre o quantitativo de resíduos e de sua disposição irregular será possível nortear o emprego de novas ferramentas e políticas para gestão do RCC no município.

3.3.2.1 Quantificação da geração de resíduos da construção civil

A metodologia da quantificação da geração de RCC no município de Mossoró-RN baseou-se na metodologia proposta por Cardoso *et al.*, (2014), definido como método direto, que se baseia no movimento de cargas de coletores. A quantificação obtida é resultado da multiplicação das viagens dos caminhões coletores pelo seu volume médio. O produto desta equação é ainda multiplicado pela massa unitária dos resíduos e assim é obtido o valor numérico. Os parâmetros escolhidos como base de cálculos para o levantamento de cargas foram considerados sob as seguintes diretrizes:

- a) Cálculo do movimento de cargas da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN (SEMURB);
- b) Cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras.

Assim, a relação entre as duas bases de cálculo deve fornecer o provável dimensionamento da geração de resíduos da construção civil no município de Mossoró-RN e sua produção per capita, conseqüentemente.

3.3.2.1.1 Cálculo do movimento de cargas da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN

A metodologia usada para o cálculo deste volume baseou-se em pesquisas junto a secretaria municipal dispostas gratuitamente em sítios eletrônicos e por meio de enquete no local. Nesta pesquisa, buscaram-se dados que possibilitaram estimar o número de caçambas por dia em movimento, cuja finalidade era coletar e transportar RCC até seu destino final. De posse do número de viagens e da avaliação volumétrica das caçambas retiradas se determinou o volume total mensal estimando-se, portanto, a geração de RCC no município que é gerenciada pelo órgão público municipal.

3.3.2.1.2 Cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras

As empresas privadas responsáveis pela coleta, transporte e disposição final dos resíduos da construção e demolição possuem um cadastro na secretaria municipal de Mossoró-RN, o que legaliza a execução de seus serviços de retirada dos RCC. Em análise aos dados disponibilizados pela prefeitura municipal em meio eletrônico e gratuito pôde-se obter informações de seis empresas devidamente legalizadas para estas práticas.

A partir de então, realizou-se uma pesquisa no intuito de obter informações sobre a quantidade de resíduos recolhidos por estas empresas dentro dos limites municipais de Mossoró-RN. As empresas privadas que realizam coleta, transporte e disposição final de RCC atendem outras empresas do segmento da construção civil da população em geral que deseja dar destino adequado ao RCC e retiram diariamente um expressivo percentual em massa de resíduos provenientes da construção e demolição.

A metodologia adotada para o cálculo do volume desses resíduos baseou-se nos dados fornecidos pelas empresas, e seguiu os mesmos critérios utilizados no cálculo do movimento de cargas da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN (SEMURB).

3.3.2.1.3 Estimativa da geração total de RCC per capita no município de Mossoró-RN

Com base na relação existente entre as bases de cálculos do movimento das caçambas recolhidas pela administração pública municipal e pelas empresas privadas devidamente legalizadas, foi possível obter uma estimativa da geração dos resíduos provenientes da construção civil em Mossoró-RN e sua produção per capita, conseqüentemente. A determinação da geração per capita levou em consideração a população estimada para 2021 de 303.792 habitantes (IBGE, 2021), fornecendo assim esse indicador de geração.

3.3.2.2 Mapeamento das áreas de deposição de resíduos de construção civil

Inicialmente, para realização do mapeamento contou-se com o apoio da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN (SEMURB) que entre suas funções realiza a coleta dos resíduos da construção e demolição do município dispostos em vias e praças públicas de forma irregular. O órgão disponibiliza de forma pública, gratuita e eletrônica um relatório das principais áreas de incidência de RCC no

município.

O segundo parâmetro para este mapeamento foi a busca de informações junto às seis empresas coletoras de RCC cadastradas no município, uma vez que as mesmas também dispuseram de informações sobre os bairros e pontos de maiores incidências de coleta bem como informações sobre a localização da disposição final destes resíduos.

Desta forma, a partir do conhecimento dos espaços de maior incidência de coleta e de disposição de RCC tanto regulares quanto inadequadas, se identificou as áreas de disposição existentes no município e possíveis locais para implantação de ecopontos.

Para a elaboração do mapa se utilizou os softwares *Google Earth* e *Qgis*, onde foram consideradas coordenadas geográficas utilizando um aplicativo gratuito de *Global Positioning System* (GPS) para android, com aproximação de 10 metros de deslocamento. Nesta etapa, também foram utilizadas outras ferramentas gratuitas, tais como o *Google Street View*.

3.3.3 Etapa 3 – Desenvolvimento do protótipo do aplicativo

A partir do levantamento bibliográfico sobre gestão de resíduos da construção e demolição e o emprego de ferramentas tecnológicas em práticas de gestão de RCC e com posse dos dados da estimativa do volume de RCC gerado no município de Mossoró-RN e suas principais áreas de disposição, foi possível obter noções básicas sob o processo de gestão dos RCC, possibilitando assim o desenvolvimento de uma ferramenta que proporcione estabelecer comunicação e troca de informações entre os agentes envolvidos na produção, geração, transporte e disposição desses resíduos provenientes da construção civil.

O sistema de apoio ao gerenciamento de RCC apresentado deve dispor de informes sobre as responsabilidades dos geradores, localização de disposição legal e ilegal, além de disposição de informações sobre definições e classificação de resíduos, dentre outras informações que podem ser adicionadas.

Para o desenvolvimento técnico do protótipo de aplicativo foi utilizado à plataforma *Kodular Creator* baseado no software *MIT App Inventor* e o *Firebase*, que são plataformas digitais cuja finalidade é desenvolver aplicativos de forma efetiva e simplificada. Essas ferramentas de programação são baseadas em blocos com linguagem de programação codificada. Para o armazenamento dos dados o *firebase* ofereceu uma linguagem com suporte de *stored procedures* (procedimento armazenado) e armazenamento em nuvem.

Para o processo de elaboração do aplicativo, seguiram-se os seguintes estágios:

- 1 Pré-operacional;

- 2 Prototipagem;
- 3 Design;
- 4 Desenvolvimento (programação);
- 5 Finalização;
- 6 Apresentação do protótipo.

O estágio pré-operacional consistiu no estudo geral sobre os resíduos da construção civil e no emprego de ferramentas tecnológicas aplicadas a práticas de gestão sustentável. Baseou-se em levantamentos bibliográficos sobre legislação, metodologias de gestão e desenvolvimentos de aplicativos, normas, legislação (CONAMA 307/2022; PNRS, etc), entre outros.

A prototipagem foi à definição conceitual do projeto na qual foi definido o mapa estrutural do aplicativo, algoritmos, número de telas projetadas, *Wire frame* e definição do cronograma de desenvolvimento.

No estágio da criação do *design* do aplicativo, foram elaborados projetos de *lay outs* de telas, baseando-se na estrutura proposta na etapa anterior (prototipagem). Foi nessa etapa que observamos uma projeção visual do aplicativo, além disso, esta etapa permitiu o estudo detalhado de ícones, imagens, fontes e cores.

O penúltimo estágio, o desenvolvimento, se deu na codificação das telas desenvolvidas na fase anterior onde foi executada a programação do algoritmo proposto durante a etapa de prototipagem. Foi nesta fase em que foram criados os textos, realizado a avaliação de imagens, mensagens, entre outros.

Por fim, o estágio de finalização, apresentação do protótipo, consistiu na transferência da aplicação para o servidor final, o estudo de compatibilidade em navegadores diferentes, a revisão final do conteúdo, testes de funcionalidade, correções do sistema e apresentação deste aplicativo como produto tecnológico resultante desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo discorre sobre os métodos utilizados e resultados obtidos nas Etapas 2 e 3 desta pesquisa, em vista que a Etapa 1 está descrita na publicação “**Utilização de softwares aplicados a gestão de resíduos da construção civil: uma revisão**”, que se encontra no Livro de Actas do *IX SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS* (FERREIRA NETO; LOPES, 2021), e disponível em <https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/15246>.

4.1 ETAPA 2 – Diagnóstico da geração de RCC em Mossoró-RN

4.1.1 - Cálculo do movimento de cargas da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN (SEMURB)

A Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN é responsável pela coleta e transporte dos resíduos domésticos e urbanos, porém, atrelado a esse serviço, a secretaria ainda coleta e transporta RCC deixados de forma irregular em vias e praças públicas. Embora a responsabilidade da disposição final desses resíduos seja do gerador, conforme a resolução 307/2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2002; 2010), a administração municipal executa este serviço diariamente impactando no orçamento municipal.

A prefeitura executa os serviços através de um contrato licitatório com uma empresa de transportes e coletora de resíduos. Por este órgão o município recolhe os resíduos da construção civil juntamente com os resíduos de podas de árvores. A frota atual é de 12 caminhões do tipo caçamba, com capacidade de 12m³ cada, conforme ilustrado na Fotografia 5.

Fotografia 5 - Caminhão caçamba, utilizado na coleta de RCC e Podas de arvores pela secretaria municipal de Mossoró-RN



Fonte: Elaboração própria (2021).

Segundo informações coletadas, cada caçamba realiza em média uma viagem por dia com RCC e resíduos de podas de árvores, considerando o transporte do local de coleta até a disposição final que é o Aterro de Resíduos da Construção Civil Alagoinha ou a Piçarreira Chico Mendes.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de RCC coletado pela Secretaria Municipal baseado no número de caçambas utilizadas para este serviço no órgão público.

Tabela 1 - Volume estimado de RCC coletado pela Secretaria Municipal

Movimento de Cargas Municipal			
Nº de Caçambas/dia	Média de viagens/dia/caçamba	Volume médio/caçamba (m ³)	Volume total coletado (m ³ /dia)
12,00	1,00	12,00	144,00

Fonte: Elaboração própria (2021).

Considerando que os resíduos coletados são resíduos da construção civil junto com os resíduos de podas de árvores e que a prefeitura estima que 70% do volume total recolhido sejam de RCC temos, portanto, uma estimativa de geração de diária de RCC é de 100,80 m³.

Para a determinação do peso gerado considerou-se o estimado por Pinto (1999), onde 1 m³ de RCC equivale a 1,20 toneladas. Assim, em função do volume gerado estima-se que a secretaria municipal de Mossoró-RN recolhe diariamente 120,96 toneladas de RCC. Considerando-se 20 dias úteis no mês, somam-se 2.419,20 t/mês e 29.030,40 t/ano.

Segundo a ABRELPE (2020) os resíduos da construção civil representam cerca de 60% de todos os Resíduos sólidos Urbanos (RSU) coletado no Brasil, e que o RCC coletado pelas empresas de limpeza pública ultrapassa as 112,00 mil t/dia em todo território nacional (SCREMIN; CASTILHOS JUNIOR; ROCHA, 2014). Com base na geração de RCC estimada da cidade de Mossoró-RN, e considerando que de acordo com as informações do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), o município recolheu aproximadamente 143,60 t/dia de resíduos domiciliares no ano de 2019 (SNIS, 2019), implicando que os RCC recolhidos pelo órgão público, representam cerca de 50% dos RSU na cidade de Mossoró-RN estando abaixo da média nacional.

É importante mencionar que o custo anual do município com a gestão dos serviços de limpeza pública se aproxima dos 30 milhões de reais (ALMEIDA; COELHO, 2018), e considerando que grande parte desses valores são referentes aos serviços de coleta de RSU e que parte desses resíduos são os provenientes da construção civil, os gastos na coleta de RCC influenciam de forma considerável na economia da gestão municipal.

O alto índice desses resíduos coletados pela prefeitura pode estar associado ao crescimento urbano que a cidade de Mossoró-RN apresentou com o passar dos anos, conforme Agustoni (2018) descreve em seu estudo. Nesse sentido se fazem necessárias ações para melhor gerenciamento dos RCC que são dispostos nas ruas e terrenos baldios, de modo a aperfeiçoar os recursos públicos tendo em vista que a responsabilidade pela geração e destino desse tipo de resíduos é de seu gerador como preconiza a legislação embora que no município não haja ainda dispositivos legais.

4.1.2 - Cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras

As informações sobre o volume de RCC coletados pelas empresas privadas no município de Mossoró-RN se iniciou com a identificação das empresas devidamente cadastradas e habilitadas para realização do serviço de coleta de RCC. Nesta etapa, observou-

se que seis empresas executam a coleta, transporte e disposição final desses resíduos no município.

Em seguida, buscou-se informações nas empresas, com relação a quantitativos de volumes, quantidade de caçambas coletoras, pontos de maior incidência de coleta e disposição final. Desta forma, a partir dos dados fornecidos de forma pública e gratuita pelas empresas, foram calculados os volumes dos resíduos provenientes da construção civil coletados diariamente por suas frotas de caçambas. A Fotografia 6 exemplifica as caçambas que recolhem os RCC pelas empresas estudadas.

Fotografia 6 - Caçambas com capacidade de volume de 5m³ utilizadas por empresas particulares



Fonte: Elaboração própria (2021).

A Tabela 2 apresenta a quantidade de RCC coletado por cada empresa, baseando-se na quantidade de caçambas/dia.

Tabela 2 - Volume de RCC estimado coletado por empresas privadas em Mossoró-RN

Movimento de Cargas					
Empresa coletora	Nº de Caçambas/dia	Nº de caçambas/mês	Volume médio/caçamba (m ³)	Volume médio/mensal m ³ /	Volume anual (m ³)
Empresa 1	10	200	5	1000	12000
Empresa 2	6	120	5	600	7200
Empresa 3	6	120	5	600	7200
Empresa 4	12	240	5	1200	14400
Empresa 5	12	240	5	1200	14400
Empresa 6	5	100	5	500	6000
Total	51	1020	30	5100	61200

Fonte: Elaboração própria (2021).

De acordo com informações prestadas todas as 51 caçambas das empresas coletoras possuem capacidade de volume de 5m³ cada, portanto, o volume coletado diariamente é de 255 m³.

Considerando ainda que 1 m³ de RCC equivale a 1,2 tonelada (PINTO, 1999), tem-se que as seis empresas coletam diariamente 306 toneladas de RCC, equivalendo a 6.120 t/mês ou 73.440 toneladas anualmente.

Considerando a metodologia adotada por Xavier e Rocha (2001) que calculam a geração per capita de RCC de acordo com a quantidade de habitantes estima-se que a geração per capita dos resíduos coletadas apenas pela iniciativa privada do município seja de 1,01 kg/hab.dia.

A geração per capita estimada para Mossoró-RN apenas por RCC coletado pelas empresas privadas está próxima da demonstrada por Diniz (2017) para o município de Juazeiro do Norte/CE que foi de 0,92 kg/hab.dia, estimada para RCC coletados pela iniciativa privada. Estas duas cidades têm população muito próxima e ocupam respectivamente a 20^a e 21^a posição em termos de população do nordeste brasileiro (Mossoró-RN e Juazeiro do Norte-CE), confirmando-se assim o método de estimativa realizada para este Município.

Ainda no desenvolvimento desta fase referente ao quantitativo de RCC recolhidos pela iniciativa privada, buscaram-se informações sobre o emprego de práticas de gestão sustentável aplicadas pelas mesmas, no entanto, nenhuma delas dispõe sobre dados referentes a segregação dos RCC nem tampouco menciona a existência de usinas de triagem ou reciclagem para destinar os resíduos.

As empresas apresentam informações de que a disposição desses resíduos é realizada em aterros particulares licenciados descritos no tópico de Mapeamento das áreas de disposição de RCC desta pesquisa, entretanto, não foram disponibilizados nenhum documento comprobatório sobre a real legalidade dessas áreas tais como o licenciamento ambiental. Uma das seis empresas coletoras menciona o envio de suas caçambas para uma Usina de Reciclagem de RCC localizada na Grande Natal, cerca de 280 km de distância de Mossoró-RN.

Vale ressaltar que nenhuma das empresas apresentou informações sobre possuir Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) ou obediência às diretrizes dispostas pela Resolução 307/2002 do CONAMA, ou a Lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2002; 2010).

4.1.3 - Estimativa da geração total de RCC per capita no município de Mossoró-RN

A partir dos cálculos de movimento de cargas dos resíduos da construção civil recolhidos pela secretaria municipal e pelas empresas privadas, foi possível estimar a geração de RCC gerados em Mossoró-RN. A Tabela 3 apresenta os resultados da geração estimada total desses resíduos gerados no município pelos dois parâmetros estudados.

Tabela 3 - Geração estimada total de RCC pelos parâmetros do movimento de cargas da secretaria municipal e das empresas privadas

Órgão coletor	t/dia	t/mês	t/ano
Geração de RCC – Recolhidos pela secretaria municipal	120,96	2.419,20	29.030,40
Geração de RCC – Recolhidos pelas empresas privadas	306,00	6.120,00	73.440,00
Total	426,96	8.539,20	102.470,40

Fonte: Elaboração própria (2021).

Dessa forma, verifica-se que 28,33% dos RCC gerados na cidade de Mossoró-RN são recolhidos pela secretaria municipal e 71,67% são recolhidos pela iniciativa privada.

Segundo o estudo realizado em cidades brasileiras por Diniz (2017), baseando-se em dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), cerca de 49,4% dos RCC recolhidos nos municípios brasileiros são coletados pelo poder público e 50,6% é recolhido pela iniciativa privada.

No município de Mossoró-RN, foi observado que a iniciativa privada coleta um percentual superior ao quantitativo recolhido pelo poder público, indicando que grande parcela de geradores tem seguido a legislação, ou seja, é responsável pela coleta e destinação do RCC gerado. Entretanto, essa hipótese pode também estar atrelada a outros fatores, tais como a fiscalização por parte do município.

Todavia, considera-se ainda que 120,6 t/dia coletados pela secretaria municipal representa um quantitativo elevado no que se refere aos impactos negativos causados pela disposição irregular desses volumes em vias e praças públicas, uma vez que segundo a Resolução 307 do CONAMA não é de responsabilidade da administração municipal executar este serviço, sendo este um dever do gerador. Esse alto volume gerado e

consequentemente coletado pela secretaria municipal implica que o órgão possui um custo que poderia ser evitado se a normativa fosse cumprida pelos agentes envolvidos.

Cabe ressaltar que, durante a pesquisa aos locais de disposição informados pelos órgãos estudados, foi detectado aos arredores geográficos pilhas de entulhos de RCC misturados a outros tipos de resíduos que de forma significativa, contribuem também para os impactos causados pela geração e descarte irregular desses resíduos, porém, não foi possível realizar um estudo aprimorado sobre a quantificação desses resíduos.

Assim, observando a população de Mossoró-RN estimada para 2021 pelo IBGE (2021) de 303.792 habitantes foi possível calcular a geração per capita estimada de RCC gerado no município conforme demonstra a Tabela 4.

Tabela 4 - Geração per capita de RCC estimada no Município de Mossoró-RN.

Parâmetros	Geração de RCC (t/dia)	Geração de RCC (kg/dia)	População estimada (2021)	Geração per capita (kg/hab.dia)
Recolhidos pela secretaria municipal	120,96	120.960	303.792	0,39
Recolhidos pelas empresas privadas	306,00	306.000	303.792	1,00
Total	426,96	426.960	303.792	1,39

Fonte: Elaboração própria (2021).

Como é possível observar na tabela 4, a geração per capita de RCC coletados no município de Mossoró-RN de acordo com os parâmetros utilizados nesta pesquisa foi de 1,39 kg/hab.dia. Xavier e Rocha (2001) descrevem que em média a geração per capita de RCC no Brasil está na ordem de 0,66 a 2,43 kg/hab.dia, mostrando uma grande faixa de variação. Tessaro *et al.* (2012) realizando estudos na cidade de Pelotas-RS que tinha população no ano de 2010 similar ao que se tem em Mossoró-RN atualmente encontraram uma geração per capita de RCC de 1,23 Kg/hab.dia bem próxima a estimada.

Já segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2019), a geração per capita de RCC coletados pelos municípios brasileiros para o ano de 2018 foi de 0,585 kg/hab.dia e de 0,425 kg/hab.dia para a região nordeste. Neste caso, a estimativa obtida neste trabalho aparece bem superior a essa estimativa nacional e regional. Desta forma, esse comparativo permite concluir que o município de Mossoró-RN tem superado estimativas de geração de RCC em nível nacional,

embasando a necessidade de práticas de gerenciamento voltadas para minimização, reuso e reciclagem dos RCC.

Essa taxa elevada também pode estar associada ao crescimento urbano desordenado observado em municípios do porte de Mossoró-RN, uma vez que quanto maior o desenvolvimento de um município, maior a geração de resíduos, necessitando conseqüentemente de uma gestão efetiva (DINIZ, 2019).

4.1.4 - Mapeamento das áreas de deposição de resíduos de construção civil

Segundo a Prefeitura Municipal de Mossoró-RN, existem cerca de 425 pontos de deposição irregular de RCC nos limites geográficos do município concentrados sobretudo nos bairros mais populosos e nas áreas urbanas periféricas (MOSSORÓ, 2019). Com base nesses dados, os locais de maiores incidências de disposição irregular desses resíduos em vias públicas estão dispostos na Tabela 5, onde é possível observar relação dos bairros com maiores índices de viagens de coleta de RCC realizados pelo órgão público.

Tabela 5 - Bairros de maior incidência de coleta de RCC dispostos de forma e em local irregular

Bairro	Estimativa de viagens para coleta mensal	Estimativa de Volume mensal (m ³)
Bom Jardim	26	312
Santo Antônio	24	288
Barrocas	23	276
Paredões	22	264
Santa Delmira	21	252
Aeroporto	20	240
Alto de São Manoel	18	216
Alto do Sumaré	16	192
Outros	255	3.060

Fonte: Elaboração própria (2021).

Com base nos dados da tabela 5 é possível observar que os bairros citados pelo órgão público representam 40% dos RCC coletados pela Secretaria Municipal. Esses dados podem estar associados ainda ao índice populacional dessas localidades uma vez que segundo Almeida e Coelho (2018) a geração de resíduos está diretamente associada a quantidade de habitantes. A tabela 6 apresenta a relação da população desses bairros citados pela Secretaria Municipal com a geração de RSU, de acordo com Almeida e Coelho (2018).

Tabela 6 - População e estimativa de geração de resíduos dos bairros de maior incidência de disposição irregular

Bairro	População (2018)	Estimativa da Geração de RSU (t/dia)
Aeroporto	17889	11,09
Alto de São Manoel	18336	11,37
Alto do Sumaré	6483	4,02
Barrocas	20372	12,63
Bom Jardim	10844	6,72
Paredões	8343	5,17
Santa Delmira	13527	8,38
Santo Antônio	20372	11,84

Fonte: Almeida e Coelho (2018)

Observando-se os dados das Tabelas 5 e 6, verifica-se que os bairros de maior incidência de coleta de RCC dispostos de forma e em local irregular tem relação direta com a população assim como com a localização geográfica, pois três deles se situam em regiões periféricas, confirmando essas duas características como fatores de geração de resíduos (PINTO; MELO; NOTARO, 2016).

Sobre a disposição desses sólidos gerados pela indústria da construção civil, a secretaria municipal destina-os principalmente ao Aterro de Resíduos denominado Alagoinha, situado às margens da estrada da Raiz, zona Rural de Mossoró-RN nas proximidades do antigo lixão das Cajazeiras e segundo a secretaria municipal, a área possui licenciamento para essa destinação.

Nessa localização, foi realizada uma análise sobre sua localidade e observado requisitos importantes para caracterização do empreendimento. A área é delimitada por um perímetro de aproximadamente 15,9 hectares, estando a cerca de 1 km de distância da zona habitável, obedecendo neste caso a NBR 13.896/1997 (BRASIL, 1997) que descreve que a distância mínima dos aterros aos núcleos populacionais seja superior a 500 m, no entanto, observam-se intenções de instalações de loteamentos em seu entorno. A Figura 5 ilustra a localização geográfica do Aterro de Resíduos da Construção Civil de Mossoró-RN.

Figura 5 - Localização do Aterro de Resíduos da Construção Civil de Mossoró-RN.



Fonte: Elaboração própria (2021).

A área localiza-se nas coordenadas geográficas 679.526 m E e 9.432.022 m S. O acesso ao Aterro se dá pela estrada da comunidade da Barrinha, prolongamento da Avenida Senador Petrônio Portela e situa-se a uma distância de aproximadamente 1,5 km do conjunto Abolição IV, estando na porção inicial de expansão urbana municipal, já existindo nos seus limites norte e sul projetos de implantação de loteamentos residenciais. A região apresenta declividade no sentido sul, não existindo corpos de água representativos mesmo a uma distância de 1.000 metros.

Atualmente a área do empreendimento caracteriza-se por apresentar uma vegetação secundária, indicando um grau elevado de degradação onde se observa o desenvolvimento de espécies predominantes do Bioma Caatinga, além de exóticas e invasoras em função do impacto gerado não só do aterro de inertes, mas também pela extração minerária existente no perímetro.

Os resíduos são depositados em solo sem segregação desses materiais e nem recipientes apropriados, tais como contenedores ou caixas estacionárias para acondicionamento adequado e destinação correta dos não inertes.

Outro ponto de destinação apontado pela secretaria municipal informado no Plano Municipal de Saneamento Básico de 2019, foi a área Piçarreira Chico Mendes, localizado a 1,9km de distância do aterro sanitário, mais precisamente nas coordenadas 690.465,00 m E e 9.424.926,00 m S. A Figura 6 apresenta a localização da Área Piçarreira Chico Mendes.

Figura 6 - Localização Área Piçarreira Chico Mendes



Fonte: Elaboração própria (2021).

Os resíduos depositados neste ambiente também não passam por qualquer processo de triagem e são dispostos juntos dos resíduos de podas de árvores. É visto ainda que a área de localização desse empreendimento possui ascensão urbana territorial em sua circunvizinhança, observando loteamentos habitacionais e condomínios residenciais de alto padrão.

O Município aponta ainda o antigo lixão das Cajazeiras como uma área de vulnerabilidade para disposição de RCC, embora este não seja mais utilizado pela prefeitura municipal. O lixão foi desativado no ano de 2008, em atendimento a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Apesar de desativado, o antigo lixão se tornou um bota-fora de entulho por particulares, ocasionado provavelmente pela falta de fiscalização, incidindo ainda na disposição de outros tipos de resíduos no local como restos de podas e até mesmo resíduos domiciliares. O corpo hídrico

mais próximo é o rio Apodi-Mossoró e está em uma das áreas mais baixas da cidade, a 26 m acima do nível do mar onde há cursos de drenagem, situando-se na porção de expansão urbana municipal.

Este lixão depois de desativado não passou por qualquer processo de remediação. Em visita ao local verificou-se que ainda há deposição de resíduos domésticos no local, e principalmente resíduos da construção civil, algumas áreas encontra-se em regeneração vegetação tendo residências um pouco afastadas do lixão desativado. Verificou-se também que a área é rebaixada sendo, portanto, local de acúmulo de água em épocas de chuvas.

A Fotografia 7 mostra a disposição de RCC junto com outros entulhos na área do antigo lixão das Cajazeiras.

Fotografia 7 - Antigo lixão das Cajazeiras

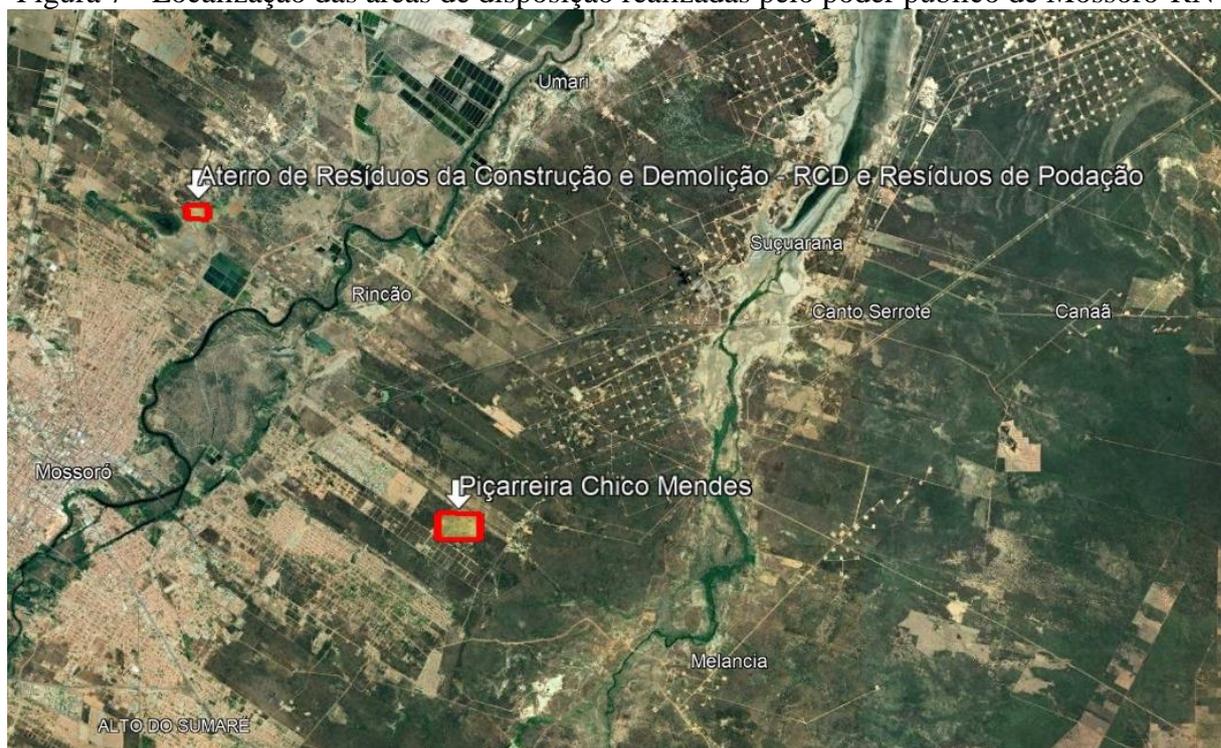


Fonte: Elaboração própria (2022).

Não foi detectado nenhum dispositivo de informação sobre delimitação de áreas descritas pela secretaria municipal, proibição de disposição aleatória ou informe educativo sob a etapa de disposição de RCC.

A Figura 7 apresenta a localização das áreas de disposição realizadas pelo poder público de Mossoró-RN.

Figura 7 - Localização das áreas de disposição realizadas pelo poder público de Mossoró-RN



Fonte: Elaboração própria (2022).

A Tabela 7 apresenta um levantamento dos bairros de maiores incidências de coleta de RCC, implicando que estas podem ser as zonas de maior ascensão da construção civil nos limites do município, apontando também como áreas de maior geração desses resíduos.

Tabela 7 - Bairros de maior incidência de coleta de RCC realizadas pelas empresas estudadas

Bairro	Estimativa de caçambas para coleta mensal	Estimativa de Volume mensal (m ³ /mês)
Alto do Sumaré	65	325
Dom Jaime Câmara	60	300
Itapetinga	55	275
Nova Mossoró	62	310
Odete Rosado	71	355
Presidente Costa e Silva	58	290
Santo Antônio	79	395
Santa Delmira	73	365
Total	523	2615

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em se tratando dos bairros destacados pelas empresas privadas, é possível observar que os bairros do Santo Antônio, Alto do Sumaré e Santa Delmira, também foram destacados pelo poder público como bairros de alto índice de coleta de RCC. Além disso, os demais

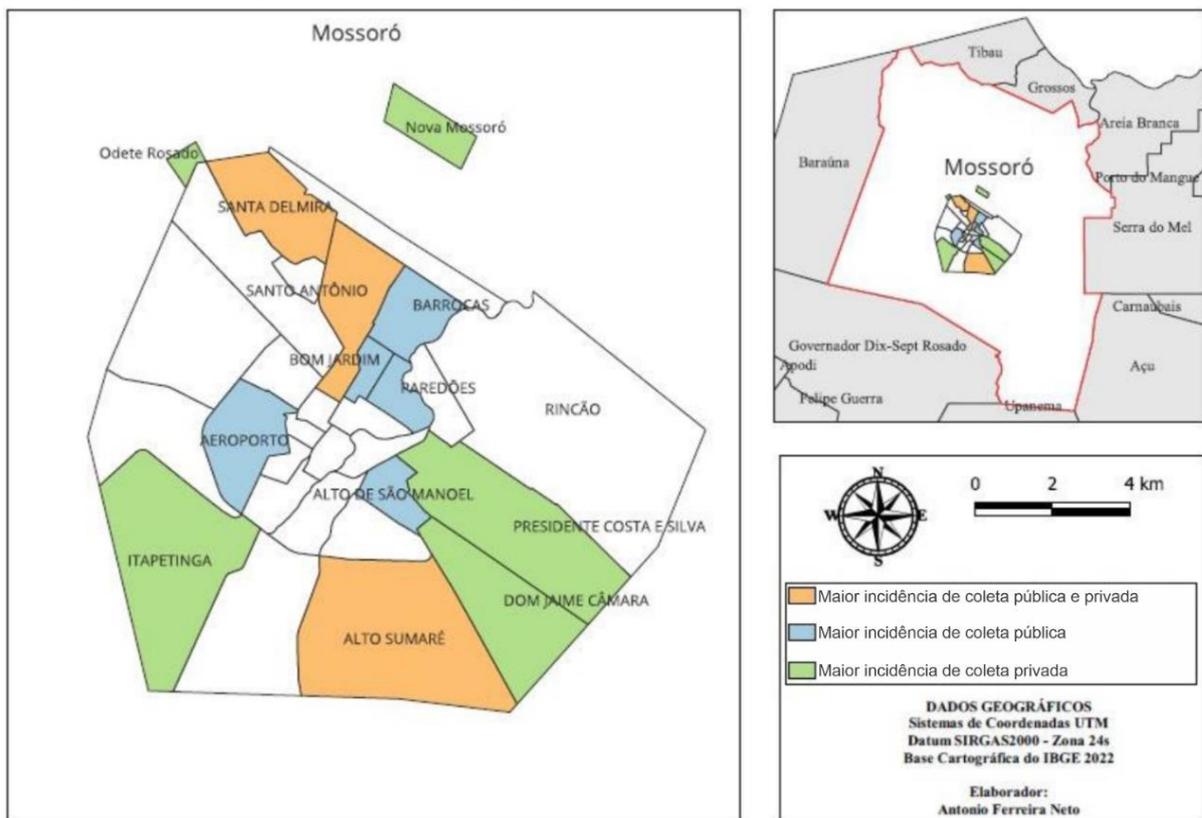
bairros mencionados pelas empresas coletoras de resíduos estão situados geograficamente nas áreas periféricas do município, mais uma vez reafirmando a hipótese de que a localização geográfica é um importante parâmetro a ser observado na geração de RCC, segundo os estudos de Pinto, Melo e Notaro (2016).

Das seis empresas estudadas, cinco delas afirmaram que destinam seus resíduos para aterros particulares. E uma delas afirmou que envia seus resíduos para uma usina de reciclagem localizada na grande Natal, cerca de 280 km de distância de Mossoró-RN.

Desta forma, com posse dos dados fornecidos pela SEMURB e pelas empresas coletoras de RCC, foi possível mapear dentro dos limites municipais urbanos, as áreas de maior incidência de coleta proveniente de construções e reformas, executados por empresas privadas, áreas de disposição irregular em praças e vias públicas, executadas pela secretaria municipal e os pontos de disposição final realizado tanto pelo órgão público, quanto pelo setor privado.

Após realizar a identificação dos bairros de maior incidência de disposição irregular e de coleta de RCC foi elaborado um mapa como mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Principais bairros com disposição irregular e coleta de RCC em Mossoró-RN



Fonte: Elaboração própria (2022).

Pela figura 8, é possível observar que três bairros foram destacados como os bairros de maior incidência de disposição irregular coletados pela secretaria municipal e de coleta realizada pela iniciativa privada.

Com o intuito ainda de observar outras áreas de vulnerabilidade ambiental afetadas pela disposição de RCC, foi realizada uma pesquisa exploratória a partir dos dados fornecidos pelas empresas estudadas a fim de delimitar nos mapas as localidades de disposição final que essas empresas utilizam para fazer o descarte desses resíduos. No entanto, foi observado que a maiorias das áreas não possuíam licenciamento ambiental e que as empresas apenas estão realizando a disposição desse material, como pode ser visto nas fotografias de 8 a 12.

Fotografia 8 - Disposição de RCC da Empresa 1



Fonte: Elaboração própria (2022).

Fotografia 9 - Disposição de RCC da Empresa 2



Fonte: Elaboração própria (2022).

Fotografia 10 - Disposição de RCC da Empresa 3



Fonte: Elaboração própria (2022).

Fotografia 11 - Disposição de RCC da Empresa 4



Fonte: Elaboração própria (2022).

Fotografia 12 - Disposição de RCC da Empresa 5



Fonte: Elaboração própria (2022).

Durante o trajeto da visita *in loco* foram observados nos arredores dos pontos mencionados a existência de pilhas de RCC descartados por terceiros. Porém, estas áreas também não foram destacadas no mapa por não haver disponibilidade de informações sobre elas.

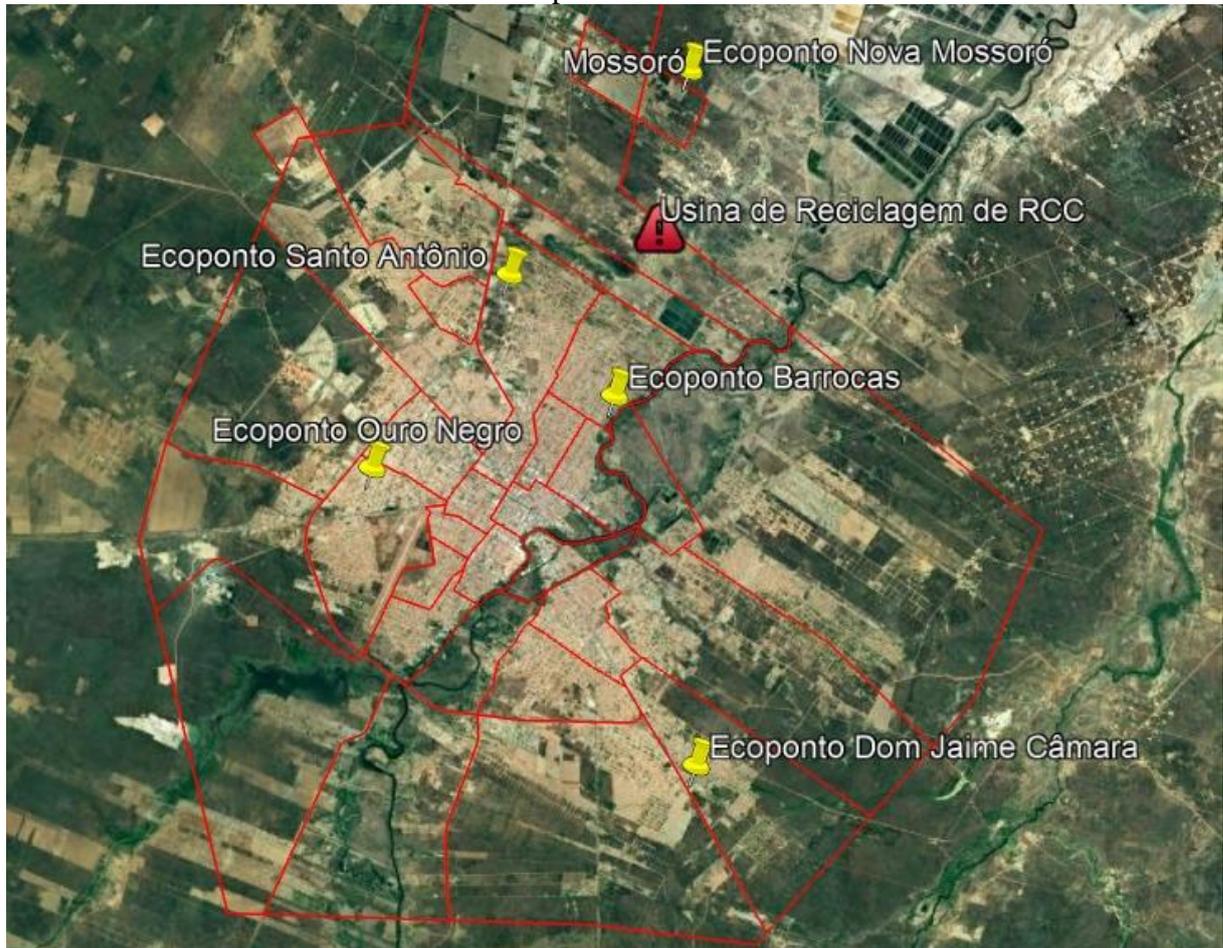
De acordo com a NRB 13.896/97 (ABNT, 1997), que trata sob as condições mínimas exigidas para elaboração de projetos, implantações e operações de aterros de resíduos não perigosos, deve ser respeitada uma distância mínima de entre os aterros e os centros populacionais de pelo menos 500 m, porém, como observado em algumas das imagens e nas visitas realizadas, essa distância não está sendo respeitada em alguns pontos, estando visivelmente muito próximo das edificações populacionais, o que comprova que essas áreas não possuem licenciamento ambiental para tal função.

Segundo a Prefeitura Municipal de Mossoró-RN (2019), foram identificados 425 pontos de disposição irregular de RCC no município com incidência maior nos bairros já citados anteriormente (MOSSORÓ, 2019).

É sabido que as implementações de medidas de mitigação podem apresentar soluções práticas para reduzir os impactos causados pela geração excessiva de RCC e sua disposição irregular, sobretudo em se tratando de logradouros públicos. Essas medidas foram estudadas no referencial teórico desta pesquisa e são elas: a implementação de pontos de recepção para pequenos volumes de RCC; instalação de usinas de reciclagem; condições ambientais adequadas para as áreas de destinação final desses sólidos; fiscalização efetiva, entre outros.

Desta forma, visando oferecer alternativas para auxiliar aos gestores na tomada de decisões e na criação de medidas de redução de impactos causados por esta problemática, a Figura 9 dispõe de um mapa contendo sugestões para implementação de práticas sustentáveis que podem ser implantadas nos limites geográficos de Mossoró-RN, observando os bairros de maior incidência de geração e disposição irregular de resíduos oriundos da construção civil.

Figura 9 - Mapa com propostas de implementação de práticas para o gerenciamento de RCC no município de Mossoró-RN



Fonte: Elaboração própria (2022).

A exemplo da capital do Estado do Rio Grande do Norte, conforme mencionado no referencial teórico, é sugerido a instalação de Ecoportos em áreas estratégicas, localizadas nas proximidades dos bairros de maior incidência de coleta e disposição irregular de RCC. O sistema de Redes de Entrega de Pequenos Volumes de resíduos deve funcionar conforme licença do órgão ambiental municipal.

Sobre os Ecoportos, foram sugeridos e nomeados 5 locais nas seguintes localizações:

- a) Ecoporto Nova Mossoró, atendendo o bairro Nova Mossoró e circunvizinhança, georreferenciado na zona 24 M nas coordenadas 686436.00 m E e 9427534.00 m S;
- b) Ecoporto Santo Antônio, localizado no bairro Santo Antônio, georreferenciado na zona 24 M, nas coordenadas 683236.00 m E e 9429699.00 m S, em posição estratégica de modo a atender os bairros Odete Rosado, Santa Delmira, Santo Antônio e demais localidades próximas;

- c) Ecoponto Barrocas, visando atender o Bairro Barrocas, Bom Jardim, Paredões e bairros limítrofes, georreferenciado na zona 24 M e coordenadas 685096.00 m E e 9427534.00 m S;
- d) Ecoponto Dom Jaime, georreferenciado na zona 24 M e coordenadas 686525.00 m E 9420954.00 m S, visando posição estratégica próxima aos bairros Presidente Costa e Silva, Alto de São Manoel e Alto do Sumaré;
- e) Ecoponto sugerido, foi o Ouro Negro, localizado no Bairro Aeroporto, sendo este o ponto de coleta voluntária mais próxima ao bairro Itapetinga e demais bairros circunvizinhos, na Zona 24 M, nas coordenadas geográficas 680783.00 m E 9426263.00 m S.

A sugestão dos pontos para implantação dos ecopontos em Mossoró-RN visou atender posições geográficas estratégicas, com base no diagnóstico realizado nesta pesquisa.

Além disso, houve a preocupação desses pontos estarem próximos a áreas de disposição irregular de RCC, conforme mostra a Figura 10 que representa um local de disposição de resíduos situado no bairro Santo Antônio.

Figura 10 – Sugestão para localização de Ecoponto Santo Antônio



Fonte: Elaboração Própria em 2022.

Outra área destacada no mapa 9 foi a Usina de Reciclagem que se apresenta como uma ferramenta importante no auxílio para o gerenciamento eficaz dos resíduos da construção civil, sendo por definição usual um local ambientalmente apropriado para disposição dos

resíduos provenientes da construção civil com o emprego de práticas de reciclagem e redução de impactos, por consequência.

A usina sugerida pode ser localizada nas proximidades do Aterro de Resíduos da Construção Civil Alagoinha, pois visa utilizar os resíduos lá depositados como matéria prima. A localização geográfica sugerida é na zona 24 M, 686015.00 m E e 9430359.00 m S. A Figura 11 apresenta de forma aproximada a localização sugerida para a Usina de Reciclagem.

Figura 11 – Sugestão de área para instalação da Usina de Reciclagem de RCC



Fonte: Elaboração própria (2022).

A identificação dos pontos destacados nesta etapa do estudo visa alertar a gestão municipal e todos os agentes envolvidos na geração de RCC sobre a necessidade de se adotar medidas de redução e reutilização desses resíduos, bem como de conscientizar a população sobre a necessidade de se destinar adequadamente os RCC gerados em obras e demolições tendo em vista os riscos ambientais associados a essa questão.

Como preconiza a legislação sobre os RCC, é de responsabilidade de seu gerador a necessidade de coleta diferenciada e destinação para reuso ou reciclagem. Para os pequenos geradores se faz necessário estabelecer os limites de volume para o qual o município possa estabelecer locais de recebimentos (ecopontos) e assim gerenciar de forma adequada.

A partir do mapeamento de áreas de maior incidência de deposição irregular de RCC e nas áreas atualmente utilizadas pela iniciativa privada para disposição temporária, foi feito como mostrado anteriormente, a sugestão para implantação de pontos de entrega voluntária e de uma usina e triagem e reciclagem. Essas são estruturas que devem estar associadas a um

plano de gestão que RCC e este deve ser elaborado pelo município com uma ampla campanha de educação ambiental e fiscalização visando a correta gestão e gerenciamento dos RCC.

De modo a somar aos esforços de uma gestão sustentável para os RCC e da necessidade de uma melhor comunicação entre sociedade, gestão municipal e iniciativa privada, visando-se a responsabilidade compartilhada determinada na legislação, essa pesquisa sugere a utilização de um aplicativo que venha auxiliar nesse processo.

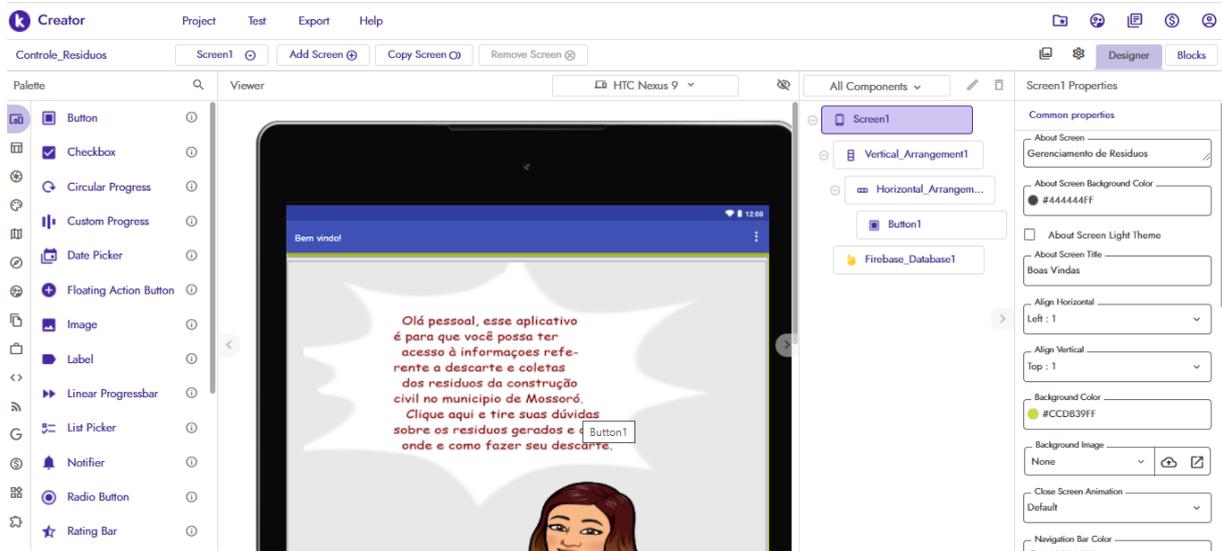
4.2 ETAPA 3 - Desenvolvimento do protótipo de um aplicativo

O aplicativo de apoio ao gerenciamento de RCC apresentado neste trabalho foi elaborado com uso do *MIT App Inventor* e utilizou a plataforma *Kodular Creator*, uma ferramenta de programação baseada em blocos com linguagem de programação codificada. A ferramenta utilizou para o armazenamento dos dados o *firebase*, ofertando uma linguagem com suporte de *stored procedures* (procedimento armazenado) e armazenamento em nuvem.

Para sua elaboração, foram seguidos seis estágios, inicialmente com a etapa pré-operacional que coincidiu com a fase de estudos da literatura visando adquirir conhecimento sobre o tema, tais como legislação, metodologias de caracterização quantitativa e qualitativa, normas, atividades de gerenciamento de resíduos, entre outros.

O segundo estágio consistiu na elaboração do aplicativo, a prototipagem, e baseou-se em organizar os conhecimentos adquiridos na fase anterior, estruturando o modelo conceitual para o aplicativo. O Fluxograma 3 descreve como se seguiu o modelo conceitual do aplicativo neste estágio.

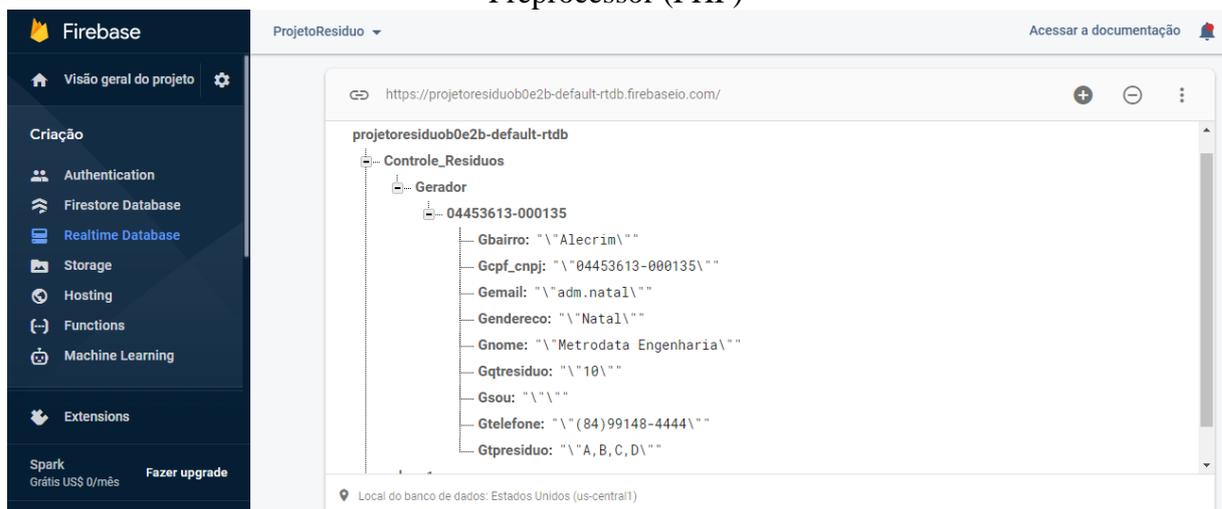
Figura 12 - Desenvolvimento do estágio 3 da elaboração do aplicativo, com o uso da ferramenta Kodular Creator



Fonte: Elaboração própria (2022).

Nesse estágio foram criados os textos, avaliação de imagens e mensagens. Na Figura 13 é possível observar a construção dos blocos de programação com o emprego da linguagem *Hypertext Preprocessor* (PHP), que é uma linguagem de *script open source* de uso geral, utilizando o *Firestore*.

Figura 13 - Construção dos blocos de programação com o emprego da linguagem *Hypertext Preprocessor* (PHP)



Fonte: Elaboração própria (2022).

Por último, os estágios de finalização e apresentação do aplicativo consistiram na transferência da aplicação para o servidor final, onde foi executado um estudo de compatibilidade em navegadores diferentes, a revisão final do conteúdo, testes de funcionalidade, correções do sistema e disponibilidade do aplicativo nas plataformas digitais

de forma pública e gratuita. No entanto, ainda serão necessários ajustes em *design* do aplicativo e informações adicionais.

5 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO

O produto técnico desenvolvido neste trabalho apresenta uma proposta de sistema de apoio ao gerenciamento de RCC para o município de Mossoró-RN materializado em forma de aplicativo. Nele são ofertadas informações básicas sobre os RCC tais como sua classificação e definições para o público usuário de acordo com as normas técnicas vigentes. Além disso, ele estabelece uma comunicação entre agentes envolvidos na geração dos resíduos provenientes da construção civil desde o gerador, passando pelo transportador, coletores até a gestão municipal. A gestão municipal conseguirá dispor de informações sobre quantidades geradas, demandas por serviços de coleta de pequenos geradores, áreas de disposição, podendo utilizar os dados armazenados como subsídios para elaboração do diagnóstico em tempo real dos RCC, servindo inclusive na emissão de relatórios e auxiliando na tomada de decisão para elaboração de políticas ambientais e sociais locais.

Quando existe uma comunicação direta entre geradores, transportadores e coletores, pode haver diminuição na disposição irregular em vias e praças públicas, reduzindo impactos ambientais, econômicos e sociais causados por essa disposição. O aplicativo dispõe ainda de informações pertinentes no que se refere ao gerenciamento desses resíduos, como legislações federais e municipais, normas e conscientização ambiental para seus usuários.

O aplicativo tem aderência à pesquisa na linha de Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais do Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPgUSRN), e está inserido no projeto de pesquisa “Resíduos de construção civil gerados em Mossoró-RN: alternativas para uma gestão sustentável”, desenvolvido no IFRN – Campus Central Natal, por meio do “Edital N° 03/2021 – PROPI/RE/IFRN – Cadastro de Projetos de Pesquisa e Inovação Desenvolvidos nos Programas de Pós Graduação Stricto Sensu e Lato Sensu”.

Considerando seu impacto, esse produto apresenta resultados do desenvolvimento de um Sistema de apoio ao gerenciamento de RCC para o município de Mossoró-RN, possibilitando a comunicação entre usuários e à gestão municipal, dispondo de informações pertinentes ao tema e proporcionando opções para elaboração de políticas públicas para redução de impactos ambientais, sociais e econômicos, tudo isso, através de conhecimentos estruturados por meio de uma interface interativa e acessível.

Além disso, foi identificado na Etapa 2 que o município de Mossoró-RN possui um problema evidente na geração de resíduos da construção civil dispostos de forma irregular, ocasionado principalmente pela ausência de políticas públicas de gestão desses resíduos.

Dessa forma, também pode auxiliar no conhecimento para os usuários da destinação adequada dos resíduos a partir de estruturas que o município disponha, diminuindo assim a proliferação de pontos de disposição inadequada que acarreta malefícios na paisagem urbana, na saúde e no meio ambiente. Assim, esse instrumento se apresenta como inovador tendo em vista a eficiência da aplicabilidade destes *softwares* como instrumentos para auxílio na gestão municipal de resíduos provenientes da construção civil, contribuindo para o avanço tecnológico e ambiental das cidades.

O aplicativo foi desenvolvido a partir de estudos de revisão da literatura sobre a gestão de resíduos da construção civil; a aplicabilidade de *softwares* e sistemas de informação utilizados como ferramenta de apoio na redução de impactos negativos oriundos da geração de RCC, obtendo assim, informações pertinentes sob esta temática em publicações científicas nas bases de pesquisa como *ScienceDirect*, *Scopus*, *Google Academic* e outros, além de fazer uma análise sob a atual geração e gestão de RCC no município de aplicabilidade desse *software*, foram passos fundamentais para definir os estágios essenciais e eficazes deste produto.

A utilização de softwares como o *MIT App Inventor*, *firebird* e outros, foi de suma importância para elaboração e desenvolvimento desse protótipo de aplicativo.

O protótipo de aplicativo desenvolvido possui 22 interfaces, alguma delas representadas na Figura 14, fornecendo aos usuários informações básicas, definições e classificação de RCC tanto para compreensão do tema, quanto para utilização da ferramenta.

Figura 14 - Interfaces do aplicativo



Fonte: Elaboração própria (2022).

Além disso, os usuários podem fazer cadastros como geradores, transportadores e receptores/ponto de disposição (nome, contato, endereço, capacidade de geração/transporte/disposição). Em seguida, os dados são dispostos em um banco de dados e armazenados em uma nuvem, servindo de subsídio tanto para os próprios usuários quanto para a gestão municipal no auxílio para elaboração de diagnóstico e na elaboração de políticas públicas para redução de impactos.

O protótipo de aplicativo já ficou disponível para *download* gratuito em equipamentos androide e após revisões e aprovação será apresentado através de palestra gratuita para prefeitura municipal de Mossoró-RN, representada pela Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos de Mossoró-RN e ao público que demonstrar interesse.

Com isso, espera-se que esse produto técnico possa contribuir de forma significativa para um melhor gerenciamento de resíduos da construção civil no município de Mossoró-RN e servir de base para estudos posteriores sobre essa temática, contribuindo assim para a conservação do meio ambiente e do avanço em tecnologias sustentáveis.

6 CONCLUSÕES

Esse trabalho de pesquisa teve objetivo avaliar a gestão dos resíduos da construção civil do município de Mossoró-RN e propor alternativas visando o gerenciamento adequado e a preservação ambiental.

A justificativa desta pesquisa foi evidenciada a partir de observações *in loco* onde se verificou a falta de um plano de gestão de RCC no município de Mossoró-RN e com isso práticas de coleta e destinação e deposição irregulares desses resíduos, se fazendo necessário a busca por soluções para redução dos impactos na saúde e socioambientais.

A partir da pesquisa exploratória deste trabalho identificou-se o emprego de ferramentas tecnológicas pelas gestões municipais no mundo inteiro que tem auxiliado positivamente no desenvolvimento de políticas para a gestão de resíduos da construção civil.

No diagnóstico estimou-se uma geração de RCC em Mossoró-RN baseado nos volumes coletados pelo órgão público que gerencia os resíduos de 120,96 t/dia e de 306,00 t/dia coletados pela iniciativa privada, totalizando a geração de 426,90 t/dia. Essa quantidade de resíduos determina uma geração per capita de 1,39 kg/hab.dia bem superior ao que se verifica em nível nacional, fazendo-se necessárias intervenções com práticas de gestão sustentável para a redução da geração e aumento no reuso e reciclagem desses resíduos.

Também foi realizado o mapeamento das áreas regulares e irregulares de disposição de RCC identificando-se a relação das áreas de maior deposição com grande concentração populacional. Desse modo, foi possível sugerir localização para implantação de Ecopontos para disposição de pequenos geradores assim como áreas para estudos de viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem.

Por fim, se desenvolveu um protótipo de um sistema operacional em formato de aplicativo que possibilite a comunicação entre a administração pública e demais agentes envolvidos na geração de RCC no município, e que seus usuários sejam guiados para uma destinação correta através de informações sobre os tipos de resíduos gerados, volume máximo a ser coletado pela administração municipal, ecopontos disponíveis ou solicitações de coletas por ente público ou privado, de acordo com o estabelecido na legislação municipal. O aplicativo proporciona conhecimentos socioambientais por meio de uma interface interativa e acessível, e auxilia na coleta de dados referentes a geração e destinação de RCC no município, fornecendo elementos para uma melhor gestão e as responsabilidades entre de todos que estão na cadeia de gestão dos RCC além de estabelecer um novo meio de comunicação entre geradores, transportadores, coletores e a gestão municipal.

Portanto, espera-se que o trabalho desenvolvido possa contribuir para que a administração pública estabeleça novas políticas para a gestão dos RCC no município de Mossoró-RN, diminuindo a disposição irregular desses resíduos em ruas e terrenos, reduzindo os custos de coleta e estimulando outras unidades para o reuso e a reciclagem dos RCC, contribuindo assim para a conservação do meio ambiente no emprego de práticas de gestão sustentável de resíduos sólidos.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em decorrência das inúmeras possibilidades de pesquisa envolvendo práticas para a gestão municipal sustentável de resíduos da construção civil com o uso de ferramentas tecnológicas e temas afins, surgiram outras possibilidades de pesquisa que não puderam ser contidas neste estudo:

- a) Analisar a viabilidade ambiental e econômica para implantação de Ecopontos e usinas de reciclagem de RCC no município de Mossoró-RN, avaliando impactos socioambientais;
- b) Desenvolver material didático sobre o gerenciamento de RCC e educação ambiental tratando da problemática causada pela disposição irregular;
- c) Propor um Plano de Gestão de RCC para o município de Mossoró-RN;
- d) Validar o aplicativo desenvolvido nesta pesquisa, aplicando-o na prática pela gestão municipal, avaliando seu desempenho e funcionalidade.

REFERÊNCIAS

- ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção. **Pesquisa Setorial da Reciclagem de Resíduos da Construção 2014/2015**. 2015. Disponível em: <https://abrecon.org.br/seminario-nacional-da-reciclagem-de-rcd-2015/>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- AGUSTONI, D. C. **Geração de resíduos e desperdícios na construção civil**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade de Araraquara, Araraquara, 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_geracao_de_residuos_e_desperdicios_na_construcao_civil.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.
- ALMEIDA, E. M. S.; COELHO, D. C. L. **Uso de sistemas de informações geográficas na gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Mossoró – RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4247>. Acesso em: 24 jan. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo, 2020. 51 p. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2020/>. Acesso em: 07 jan. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 19 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p.27-37, dez. 2013.
- Bento, A. V. Como fazer uma revisão da literatura: considerações teóricas e práticas. **Revista JA**, Funchal, v. 7, n. 65, p. 42-44, jan. 2012.
- BRANCO, S. M. **Poluição do ar**. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna Ltda., 1995.
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.609 de 19 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19609.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.609%20de%2019%20de%20fevereiro%20de%201998

20%2C%20DE%2019,Pa%C3%ADs%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias. Acesso: 15 jan. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.** Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providencias. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19610.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.610%2C%20DE%2019%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201998.&text=Altera%2C%20atualiza%20e%20consolida%20a,autorais%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.&text=Art.,os%20que%20lhes%20s%C3%A3o%20conexos. Acesso: 15 jan. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providencias. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 22 mai. 2021.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providencias. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, ano 148, n. 147, p. 3-7, 2 ago. 2010a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, ano 140, n. 136, p. 95-96, 17 jul. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 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 União:** seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 158, p. 70, 17 ago. 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 431, de 24 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 União:** seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 99, p. 123, 25 mai. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 448, de 18 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 União:** seção 1, Brasília, DF, ano 150, n. 14, p. 79, 19 jan. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos

sólidos da construção civil. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 153, n. 144, p. 109-110, 30 jul. 2015.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**: 2015. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019>. Acesso em: 02 fev. 2022.

CARDOSO, A. 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. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 31. P. 1-10, 31 de mar. 2014. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/254. Acesso: 12 jun. 2021.

CRISTIANO, SILVIO; GHISELLINI PATRIZIA; D'AMBROSIO,GIANNI; XUE, JYNGIAN; NESTICO, ANTONIO; GONELLA, FRANCESCO; ULGIATI, SERGIO. Construction and demolition waste in the Metropolitan City of Naples, Italy: State of the art, circular design, and sustainable planning opportunities. **Journal of Cleaner Production**, Volume 293, 15 April 2021, 125856

CUNHA, Nelma Almeida. **RESIDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE USINAS DE RECICLAGEM**. 2007. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DINIZ, Gledson Gomes. **GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: DIAGNÓSTICO NA CIDADE JUAZEIRO DO NORTE/CE**. 2017. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Tecnologia de Construção Civil – Edifícios), Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2017. Disponível em: http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=gestao_dos_residuos_da_construcao_civil_diagnostico_na_cidade_juazeiro_do_norte-ce.pdf. Acesso em: 21 dez. 2021.

DUAN, H.; WANG, J.; HUANG, O. Encouraging the environmentally sound management of C&D waste in China: an integrative review and research agenda. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l], v. 43, p. 611-620, Mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.069>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114010089?via%3Dihub>. Acesso em: 13 jan. 2021.

FERREIRA NETO, A.; LOPES, R. L. Utilização de Softwares Aplicados a Gestão de Resíduos da Construção Civil: Uma Revisão. Panamá, 2021. Disponível em: <https://redisa.utp.ac.pa/wp-content/uploads/2021/09/4.ferreiranetoa-01-article.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FERREIRA. V. V. **Projeto de um Software de Gestão Integrada de Resíduos**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica). Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, 2019. Disponível em: <http://bdtd.uftm.edu.br/bitstream/tede/765/9/Dissert%20Vinicius%20V%20Ferreira.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FREITAS, H. et al. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**. São Paulo, v. 35, n.3, p. 105-112, jul. 2000.

GLÓRIA, M. V. A; RIBEIRO JÚNIOR, L. C; SOUSA, F. H. F. Reciclagem e reutilização de resíduos da construção civil e demolição. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ed. 11, Vol. 09, p. 61-80, 2020.

GUERRA, BEATRIZ C.; LEITE, FERNANDA; FAUST, KASEY M. 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, Volume 116, October 2020, Pages 79-90.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>>. Acesso em 13 de jan. 2021.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. *Relatório de Pesquisa*. Brasília, 2012.

JIN, R.; YUAN, H.; CHEN, Q. Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2019. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 140, p. 175-188, Jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09213449183033628?via%3Dihub>. Acesso em: 18 jan. 2022.

KABIRIFAR, K. et al. A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 01, p. 112-124, 2020.

KARPINSKI, L. A. **Proposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de Passo Fundo - RS**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/262#preview-link0>. Acesso em: 12 out. 2021.

KLEIN, F. B.; S. L. F. GONÇALVES-DIAS. **A Deposição Irregular de Resíduos da Construção Civil No Município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 26 jan. 2017. Disponível em:<<https://bit.ly/2RqiXLY>>. Acesso em 16 de jan. 2021.

LOPES, A. B.; PERTEL, M. Alternativas para Redução do Impacto Ambiental Causado pelos Resíduos da Construção Civil. **Revista Boletim do Gerenciamento**. n. 22, p. 20-31, out. 2021. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/530>. Acesso em: 19 jan. 2021.

MARQUES NETO, J. da C.; SCHALCH, V. Diagnostico ambiental para gestão sustentável dos resíduos de construção e demolição. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SILUBESA), 12., 2006, Porto. **Anais [...]**. Porto: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), 2006. P. 1 -13. Disponível em: <http://jararaca.ufms.br/websites/ces/download/S2-2.PDF>. Acesso em: 22 dez. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resíduos Sólidos**. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>. Acesso em: 12 dez. 2021.

MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das Principais Aplicações de Resíduos de Obra como Materiais de Construção**. 2016. 104 f. Trabalho de Conclusão de curso. (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017420.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2021.

MOSSORÓ, **Lei complementar n° 026/2008**, institui o código do meio ambiente, fixa a política municipal do meio ambiente e cria o Sistema municipal do meio ambiente do Município de Mossoró. Disponível em: <https://www.prefeiturademossoro.com.br/wp-content/uploads/2019/05/026.2008-codigo-municipal-do-meio-ambiente.pdf>. Acesso em: 21 de mar. 2021.

MOSSORÓ. **Plano Municipal de Saneamento básico de Mossoró/RN**. Produto K. Relatório Final. Mossoró, 2019. Disponível em: <https://www.prefeiturademossoro.com.br/wp-content/uploads/2019/12/PRODUTO-K-RELAT%C3%93RIO-FINAL-PMSB-MOSSOR%C3%93-22.11.19-4.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2022.

MOSSORÓ. **Plano de Saneamento Setorial – Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos**. Mossoró, 2012. Disponível em: <https://www.prefeiturademossoro.com.br/planosaneamento/planodemossoro.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

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

NAGALLI, André. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2014. 176 p.

NATAL, **Gestão dos Resíduos Sólidos no Município de Natal – 2018**. Disponível em: [http://C:/Users/jose.x.junior/Desktop/Gest%C3%A3o%20dos%20RS%20em%20Natal%2018%20\(1\).pdf](http://C:/Users/jose.x.junior/Desktop/Gest%C3%A3o%20dos%20RS%20em%20Natal%2018%20(1).pdf). Acesso em: 18 abr. 2021.

NATAL, **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Natal/RN**, 2015. Disponível em: http://C:/Users/jose.x.junior/Desktop/DIAGNOSTICO_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf. Acesso em: 18 abr. 2021.

OLIVEIRA, Bruno Ítalo Franco de et al. **Mapeamento do crescimento urbano da microrregião de Mossoró, sob influência da exploração de petróleo, a partir de imagens de satélites**. 2016. Disponível em: <<http://www.confex.org.br>>. Acesso em: 26 jan. 2021.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. Pv. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, [S.l.], v. 34, n. 8, p. 708-716, July 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X16644680>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/0734242X16644680>. Acesso em: 12 dez. 2021.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de Metodologia Científica**. Curitiba: Juruá Editora,

2014.

PINTO, G. J. F.; MELO, E. S. R. L.; NOTARO, K. A. **Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil** – Métodos de Cálculo. Campina Grande, 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-003.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2022.

PINTO, T. de P. (1999) **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da Construção Urbana**. (Tese Doutorado) – Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PORTO, Maria Edelma Henrique de Carvalho. **Estudo de viabilidade de implantação de uma usina de Reciclagem de resíduos de construção e demolição no Município de Campos dos Goytacazes** – RJ, 2011. Disponível em: http://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos_graduacao-strictosensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2011/estudo-de-viabilidade-de-implantacao-de-uma-usina-de-reciclagem-de-residuos-de-construcao-e-demolicao-no-municipiode-campos-dos-goytacazes-rj. Acesso em 16 de abr. de 2021.

ROSADO, L. P; PENTEADO, C. S. G; Análise da eficiência dos ecopontos a partir do georreferenciamento de áreas de disposição irregular de resíduos de construção e demolição. **Sociedade e Natureza**, v. 30, p. 164-185, 2018.

SABÓIA, Ana Laryssa Rocha. **Estudo da gestão de resíduos sólidos aplicada nos canteiros de obra de uma instituição pública de ensino superior no município de Mossoró**. Mossoró, RN: 2013.

SANTANA, Izáira Cunha. **Análise dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos de construção e demolição em Conceição do Almeida** – BA. 2016. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

SCREMIN, L. B.; CASTILHOS JUNIOR, A. B. de; ROCHA, J. C. Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 203-206, jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522014000200011>. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/esa/a/p3t56xdsVyWSZZLc7GpflZz/?lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SHI, Q. et al. Site selection of construction waste recycling plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 227, p. 1532-542, 2019.

SILVA, A. L. B.; MORAIS, P, A, R. **Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Mossoró-RN**. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre, 2015.

SILVA, E. M. M.; SILVA, I. R.; COSTA, L. P.; SILVA, M. L.M. Análise operacional dos ecopontos de resíduos da construção civil implantados na cidade do Natal/RN. **Congresso ABES**. 2017. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/III-321.pdf>>. Acesso em: 21 de abr. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**: 2019. 2020. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SOUZA, I. N. C. **Impactos causados pelos resíduos procedentes da construção civil e demolição**: uma análise conceitual dos procedimentos para minimizá-los. Instituto Tocantinense Antônio Carlos Ltda, Porto Nacional, Tocantins. 2017. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/impactos_causados_pelos_residuos_procedentes_da_construcao_civil_e_demolicao_uma_analise_conceitual_dos_procedimentos_para_minimiza_los.pdf. Acesso em 22 de jan. 2021.

TESSARO, A.B.; SÁ, J.S.; SCREMIN, L.B. (2012) Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

ULUBEYLI, S; KAZAZ, A; ARSLAN, V. Construction and demolition wast recycling plants revised: management issunes. **Procedia Engineering**. V. 172, p. 1190-1197, 2017.

WU, H. *et al.* Status quo and future directions of construction and demolition wast research: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 240, p. 1-13, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118163>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619330331?via%3Dihub>. Acesso em: 21 jan. 2022.

XAVIER, L.L.; ROCHA, J. C. **Diagnóstico do resíduo da construção civil – Início do caminho para o uso potencial do entulho**. In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil – materiais reciclados e suas aplicações. CT206 – IBRACON. São Paulo – SP.2001.