



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA  
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS – CMPF

Elizabeteh Aquino Aragão

**DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM CIDADES DE PEQUENO PORTE:  
ESTUDO DE CASO EM MARTINS-RN**

PAU DOS FERROS

2024

Elizabeteh Aquino Aragão

**DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM CIDADES DE PEQUENO PORTE:  
ESTUDO DE CASO EM MARTINS-RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Me. Marília Cavalcanti Santiago.

PAU DOS FERROS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

AA65      Aragão, Elizabeteh .  
9d          Diagnóstico dos impactos ambientais dos resíduos  
de construção e demolição (RCD) em cidade de  
pequeno porte: estudo de caso em Martins -RN /  
Elizabeteh Aragão. - 2024.  
47 f. : il.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,  
2024.

1. Reaproveitamento. 2. RCD. 3. Reciclagem. 4.  
Pavimentação. 5. Construção. I. Cavalcanti  
Santiago, Marília , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Pau dos Ferros  
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva  
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Elizabeteh Aquino Aragão

**DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS RESÍDUOS DE  
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM CIDADES DE PEQUENO PORTE:  
ESTUDO DE CASO EM MARTINS-RN**

Monografia apresentada à Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido como requisito  
para obtenção do título de Bacharela em  
Engenharia Civil.

Defendida em: 25 / 10 / 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Marília Cavalcanti Santiago  
Presidente

---

Prof. Dr. José Daniel Jales Silva  
Membro Examinador

---

Eng<sup>a</sup>. Civil Maria Analine Ferreira  
Membro Examinador

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à minha mãe, que sempre acreditou em mim, mesmo nos meus momentos mais difíceis. Ela foi minha base, minha força e a razão pela qual nunca desisti. Sua confiança inabalável me fez acreditar que, no fim, tudo daria certo. Sem ela, eu não seria nada. Só tenho uma imensa gratidão por tudo.

Ao João Dantas, meu padrasto, exemplo de força, persistência e superação. Sempre acreditou que eu superaria essa longa e árdua jornada. Obrigada por tudo, Joãozinho.

Às minhas amigas de graduação, Agda Maria e Sara Rizia que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando ao longo do curso. Vocês foram fundamentais no meu desenvolvimento pessoal e acadêmico, e me orgulho muito de cada uma de vocês.

À Thiago Kennedy, que sempre me aconselhou e me deu forças físicas e emocionais para seguir em frente com fé. Sua companhia e apoio trouxeram leveza aos meus dias, tornando essa jornada muito mais suportável. Obrigada por tudo.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Me. Marília Cavalcanti Santiago, que gentilmente me aceitou orientar este trabalho. Sempre disponível, paciente e acolhedora, transmitiu suas orientações com dedicação, e sou grata por todo o conhecimento e conselhos que dedicou comigo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, obrigada!

*Por isso não Tema, pois estou com você;  
Não tenha medo, pois eu sou o seu Deus.  
Eu o fortalecerei e o ajudarei;  
Eu o segurarei com minha mão direita  
vitoriosa.*

Isaías 41:10

## RESUMO

A geração de resíduos da construção e demolição (RCD) representa um grave problema ambiental e social no Brasil, sendo o setor responsável por uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos. O descarte inadequado desses materiais pode causar poluição, degradação de áreas urbanas e problemas de saúde pública. No entanto, a reutilização dos RCD, especialmente na pavimentação, surge como uma solução promissora. A metodologia do estudo envolveu uma revisão bibliográfica sobre gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) e seu uso em pavimentação, consultando normas e publicações relevantes. Em seguida, aplicou-se um questionário à Secretaria de Infraestrutura de Martins, RN, sobre políticas locais de RCD. A terceira etapa consistiu em uma pesquisa de campo para identificar pontos de descarte e entrevistar gestores de resíduos. Os dados coletados foram analisados qualitativamente, integrando as informações para identificar oportunidades e sugerir políticas públicas para a gestão sustentável de RCD. Os resultados da pesquisa indicaram que o Órgão Municipal tem a oportunidade de desenvolver projetos-piloto para o uso de RCD na pavimentação, o que pode reduzir impactos ambientais e gerar economias em longo prazo, promovendo a economia circular na construção civil.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento; RCD; reciclagem; Pavimentação; Construção civil.

## **ABSTRACT**

The generation of construction and demolition waste (RCD) represents a serious environmental and social problem in Brazil, with the sector being responsible for a significant portion of urban solid waste. Improper disposal of these materials can cause pollution, degradation of urban areas and public health problems. However, the reuse of RCDs, especially in paving, appears as a promising solution. The study methodology involved a literature review on construction and demolition waste management (RCD) and its use in paving, consulting relevant standards and publications. Next, a questionnaire was administered to the Infrastructure Department of Martins, RN, about local RCD policies. The third stage consisted of field research to identify disposal points and interview waste managers. The data collected was analyzed qualitatively, integrating the information to identify opportunities and suggest public policies for the sustainable management of RCD. The research results indicated that the Municipal Authority has the opportunity to develop pilot projects for the use of RCD in paving, which can reduce environmental impacts and generate savings in the long term, promoting the circular economy in civil construction.

**Keywords:** Reuse; RCD; Recycling; Paving; Civil Construction.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1-</b> Classificação de Resíduos.....                                     | 17 |
| <b>Figura 2-</b> Terraplanagem com uso de rachão. ....                              | 23 |
| <b>Figura 3-</b> Usina de RCD Móvel .....                                           | 24 |
| <b>Figura 4-</b> Usina Fixa.....                                                    | 24 |
| <b>Figura 5-</b> Execução da base em BGS reciclado.....                             | 26 |
| <b>Figura 6-</b> Execução do revestimento asfáltico.....                            | 27 |
| <b>Figura 7-</b> Etapas para obtenção dos resultados da pesquisa. ....              | 29 |
| <b>Figura 8-</b> Mapa de localização geográfica de Martins-RN .....                 | 30 |
| <b>Figura 9-</b> Área de disposição final de resíduos sólidos de Martins – RN ..... | 33 |
| <b>Figura 10-</b> Residência localizada no bairro do Poção .....                    | 34 |
| <b>Figura 11-</b> Residência localizada no bairro do Cohab.....                     | 34 |
| <b>Figura 12-</b> Residência localizada no bairro Lagoa Nova .....                  | 35 |
| <b>Figura 13-</b> Obra pública no bairro Centro .....                               | 35 |
| <b>Figura 14-</b> comercial no bairro Centro. ....                                  | 36 |
| <b>Figura 15-</b> Residência localizada no bairro Canto .....                       | 36 |
| <b>Figura 16-</b> Empresa privada de descarte de RCD em Martin-RN.....              | 37 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfico 1-</b> Estimativa percentual da composição volumétrica dos RCC e volumosos de Olímpia-SP. .... | 22 |
| <b>Gráfico 2-</b> Distribuição do questionário sobre o uso de RCD. ....                                   | 32 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1-</b> Classificação dos Resíduos da Construção Civil .....                                                  | 17 |
| <b>Quadro 2-</b> Custo unitário de serviço para execução da camada de base, utilizando material da jazida natural..... | 27 |
| <b>Quadro 3-</b> Custo unitário de serviço para execução da camada de base, utilizando material reciclado.....         | 28 |
| <b>Quadro 4-</b> Classificação dos resíduos mais frequentes de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 de 2002.....       | 33 |
| <b>Quadro 5-</b> Consequências dos resíduos ao meio ambiente e sociedade na cidade de Martins-RN.....                  | 38 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABRECON – Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

BGS – Brita graduada simples

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólido

NBR – Norma brasileira

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos

SEINFRA – Secretaria Municipal de Infraestrutura

SINAPI– Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil.

SEINF– Secretaria de Estado da Infraestrutura

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RCC – Resíduos de Construção Civil

RN– Rio Grande do Norte

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

## SUMÁRIO

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                      | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                                                                       | <b>14</b> |
| <b>2.2. Objetivos Gerais.....</b>                                                               | <b>14</b> |
| 2.3. Objetivos específicos .....                                                                | 14        |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                             | <b>15</b> |
| <b>3.1. Resíduos da construção civil e demolição (RCD).....</b>                                 | <b>15</b> |
| 3.1.2 CONAMA .....                                                                              | 16        |
| <b>3.2. Normas brasileiras (NBRs).....</b>                                                      | <b>18</b> |
| <b>3.3. Impactos Ambientais .....</b>                                                           | <b>21</b> |
| <b>3.4. Reutilização dos Resíduos.....</b>                                                      | <b>22</b> |
| <b>3.5. Pavimentação: etapas e execução .....</b>                                               | <b>25</b> |
| <b>3.6. Uso de Agregado Reciclado na Pavimentação de Infraestruturas Viárias.....</b>           | <b>26</b> |
| <b>4. METODOLOGIA .....</b>                                                                     | <b>29</b> |
| <b>4.1. Caracterização da Área De Estudo .....</b>                                              | <b>30</b> |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                                                         | <b>31</b> |
| <b>5.1. Resultados do Questionário Aplicado na Secretaria Municipal de Infraestrutura .....</b> | <b>31</b> |
| <b>5.2. Resultado do registro fotográfico associado à classificação.....</b>                    | <b>32</b> |
| <b>5.3. Consequências dos Resíduos para a Sociedade e Meio Ambientes .....</b>                  | <b>37</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>                                                                       | <b>39</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                        | <b>40</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais gera resíduos sólidos no Brasil, afirmativa consolidada, especialmente, após a orientação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2011, que distribui as diretrizes para a gestão responsável desses materiais (NAGALLI, 2014). A PNRS visa reduzir a geração de resíduos e promover práticas sustentáveis no setor, atribuindo responsabilidade ambiental a todos os agentes envolvidos. Em 2021, dados do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) revelaram que os resíduos da construção civil representam mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, evidenciando a urgente necessidade de soluções eficientes para sua gestão.

Em 2017, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os municípios brasileiros coletaram aproximadamente 45 milhões de toneladas de resíduos da construção civil, com a região Nordeste contribuindo com 8,96 milhões de toneladas. Em 2021, esse número subiu para 47 milhões de toneladas, ou 221,2 kg por habitante ao ano, sendo o Nordeste responsável por 10 milhões de toneladas, ou 157,68 kg por habitante ao ano (ABRELPE, 2021).

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 estabelece que os resíduos da construção civil não podem ser descartados em locais inadequados, como aterros de resíduos domiciliares, encostas ou corpos d'água. Isso impõe responsabilidades compartilhadas entre gestores municipais, transportadores e construtores na gestão desses resíduos, incentivando o desenvolvimento de soluções que reduzam seu impacto ambiental e social.

Nesse sentido, a reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) vem ganhando destaque, com estudos sobre suas previsões técnicas, econômicas e ambientais, especialmente na reutilização para base e sub-base de pavimentos (Camilo et al., 2022). No município de Martins, RN, a gestão desses resíduos ainda é precária, com materiais sendo depositados em áreas ocupadas, junto com os resíduos urbanos e de serviços de saúde (Costa, 2024). Isso levanta preocupações sobre os impactos ambientais e de saúde pública dessa prática.

Diante disso, este trabalho apresenta um diagnóstico sobre a percepção para o reaproveitamento de RCD na terraplanagem das vias em Martins, RN, promovendo práticas sustentáveis que contribuem para a redução do volume de resíduos em aterros e a reutilização de materiais em consonância com a gestão adequada de resíduos sólidos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2. Objetivos Gerais**

Investigar a viabilidade de reaproveitamento de resíduos de construção e demolição (RCD) na pavimentação de vias.

### **2.3. Objetivos específicos**

- Verificar os procedimentos adotados pelos órgãos públicos para a gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD) na área de estudo;
- Documentar o manejo dos resíduos mais comuns na construção civil;
- Identificar os desafios enfrentados pelos colaboradores na implementação de práticas de reaproveitamento do RCD.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Resíduos da construção civil e demolição (RCD)**

De acordo com a Resolução 307 / 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, os resíduos de construção civil são aqueles originados de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos.

Esses resíduos incluem uma ampla variedade de materiais, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimentos asfálticos, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica. Esses materiais são comumente conhecidos como entulhos de obras, caliças ou metralhas.

Quanto à nomenclatura, diversos autores do meio científico definem resíduos de construção e demolição como RCD. No entanto, outros preferem utilizar o termo "entulho", sendo, em muitos casos, esta discordância em função da abrangência das frações de materiais presentes e das atividades geradoras destes materiais (ANGULO, 2000).

Segundo o panorama da situação dos resíduos sólidos no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2019, em torno de 50% e 70% dos resíduos sólidos urbanos têm origem na construção e demolição. A maior parte desses resíduos provém do setor informal da construção civil, incluindo pequenas reformas e ampliações. Estima-se que apenas um terço dos entulhos gerados seja originário do setor formal da construção civil (ABRELPE, 2020).

Fatores como o grande crescimento populacional visto nas últimas décadas, o desenvolvimento dos países emergentes e a utilização de tecnologias inadequadas têm contribuído para que esta situação se torne cada vez mais grave (HOOD; SILVA, 2006).

Segundo esses mesmos autores, a indústria da construção civil requer uma grande quantidade de matérias-primas não renováveis para a execução das suas diversas atividades. Ressaltam ainda que a exploração de jazidas de areia, argila e material pétreo é essencial para a continuidade das obras necessárias ao desenvolvimento humano, mas produzem um passivo ambiental que impede a sustentabilidade requerida pelas gerações futuras.

A disposição irregular de RCD é um problema recorrente há muitos anos. Em suas primeiras pesquisas, Pinto (1999) estimou que, no Brasil, a quantidade desses resíduos disposta irregularmente em cinco cidades de médio porte variava entre 10% e 47% do total gerado. Essa ampla variação, segundo esse autor, demonstra a dificuldade na coleta de dados precisos e a imprecisão dos resultados.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), a região Sudeste, com destaque para a cidade de São Paulo, se sobressai pela alta geração de resíduos devido ao intenso desenvolvimento urbano e grandes obras.

No entanto, esse estudo ressalta ainda que os números destacam a significância da disposição inadequada desses resíduos, especialmente pelos impactos negativos decorrentes, como enchentes causadas pelo assoreamento de recursos hídricos, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdições parciais de vias e degradação do ambiente urbano.

De acordo com a Resolução do CONAMA 307, já citada anteriormente, tornou-se obrigatório a implantação de um plano de gestão de resíduos por parte dos grandes geradores de RCD, públicos ou privados, para sua reutilização, reciclagem ou outro tipo de reaproveitamento. Além disto, em 2004 foram elaboradas as Normas técnicas por Comitês Técnicos e publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

### **3.1.2 CONAMA**

Segundo a Resolução 307 do Art. 3º p.3, o CONAMA classifica os resíduos de construção civil. As categorias estão previstas no Quadro 01 a seguir:

**Quadro 1-** Classificação dos Resíduos da Construção Civil

| <b>Classificação</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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. |
| Classe B             | São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Classe C             | São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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.                                                                                                                                                                               |

Fonte: CONAMA, 2002.

Para efeito desta Resolução, na figura 01, ilustra como elaborar um planejamento adequado durante a obra para garantir que os processos de reutilização e reciclagem sejam implementados de forma eficaz, contribuindo para a gestão sustentável dos resíduos.

**Figura 1-** Classificação de Resíduos

Fonte: (RESÍDUOS 2021).

Com base na resolução 307, os Art. 5º, 6º e 9º, cabem aos Municípios e ao Distrito Federal elaborar o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção

Civil, de acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Este Plano deve conter:

- Diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores;
- Cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes;
- Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;
- Proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;
- Incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- Definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- Ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- Ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Esse Plano inclui as etapas como: caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

### **3.2. Normas brasileiras (NBRs)**

De acordo com a ABNT, as normas brasileiras - NBR's estabelecem as diretrizes para projeto, implantação e operação, para os resíduos da construção civil, com base na resolução do CONAMA já citada.

#### ➤ ABNT NBR 15112:2004

Conforme a ABNT NBR 15112:2004 estabelece diretrizes para projeto, implantação e operação de transbordo e triagem dos resíduos da Construção Civil - RCC e resíduos volumosos. Para elaboração dessa norma, foi utilizada, também, a ABNT NBR 15113:2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterro. Nos itens 5, 6 e 7 dessa mesma norma, ficam descritas, as condições gerais para projetos, operação e implantação, ou seja:

- Item 5: a área de transbordo e triagem – ATT deve ser isolada; ter identificação; equipamentos de segurança e sistema de proteção ambiental.
- Item 6: informações cadastrais; memorial descritivo; croqui; relatório fotográfico; plano de controle de recebimento de resíduos; condições específicas

para pontos de entrega de pequenos volumes e responsabilidade e autoria do projeto.

- Item 7: controle de recebimento dos resíduos; controle qualitativo e quantitativo; diretrizes para operação e condições específicas para pontos de entrega de pequenos volumes.

- ABNT NBR 15113:2004

Com relação à NBR 15133: 2004, sua elaboração teve como base as seguintes normas:

- ABNT NBR 6484:2001 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio;
- ABNT NBR 10006:19871 – Solubilizado de resíduos – Procedimento ABNT NBR 10007:19871 – Amostragem de resíduos – Procedimento;
- ABNT NBR 13895:1997 – Construção de poços de monitoramento e amostragem – Procedimento;
- ABNT NBR 15112:2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação 25;
- Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986 – Classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional;
- Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002 – Gestão de resíduos da construção civil;
- Portaria Ministério da Saúde no 1469/GM, de 29 de dezembro de 2000 – Norma de qualidade da água para consumo humano assim, nos tópicos 5, 6 e 7 fica exposta as condições de implantação e operação e gerais para projeto.

- ABNT NBR 15114:2004 - Resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem.

Essa norma foi elaborada com auxílio das NR's:

- ABNT NBR 15112:2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- ABNT NBR 15113:2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

Segundo Nagalli (2014) a cultura empresarial brasileira que tem como objetivo desenvolver e/ou limitar as atividades empresariais jurídicas no setor da construção civil revela que, quanto mais efetiva forem fiscalizadas, maior é a probabilidade de se cumprir os preceitos ambientais legais, sendo preciso detalhar cada vez mais os instrumentos legais e normativos.

Com PNRS instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, ficaram estabelecidas as boas práticas que devem ser seguidas pelo setor, com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos destinados aos aterros. A PNRS define os seguintes instrumentos:

- Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- A cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
- A partir de 02 de agosto de 2014, a prefeitura e os geradores de resíduos só poderão dispor nos aterros sanitários os rejeitos e não mais os resíduos aptos à reciclagem.

Além da Política Nacional do Meio Ambiente, iniciada em 1981, surgiram diversas outras políticas similares como: a Política Nacional de Recursos Hídricos segundo a Lei Federal nº 9.433 de 1997; a Política Nacional de Educação Ambiental pela Lei Federal nº 9.795 de 1999; a Política Nacional do Saneamento Básico pela Lei Federal nº 11.445 de 2007 e a Política Nacional de Resíduos sólidos através da Lei Federal nº 12.305 de 2010. Segundo Nagalli (2014) essas

políticas se relacionam intimamente com a questão dos resíduos de construção e demolição.

O autor ainda ressalva a importância de ter conhecimento sobre essas Leis Federais, na medida em que interferem diretamente sobre a gestão dos resíduos de construção e demolição.

### **3.3. Impactos Ambientais**

A indústria da construção civil possui características marcantes, entre as quais se destacam o alto nível de desperdício e o significativo impacto ambiental. Esses impactos são evidenciados pelo grande volume de resíduos gerados e pela elevada quantidade de matéria-prima consumida (SILVA, 2015).

Camilo et al. (2022) afirmaram que a maior parte dos profissionais da construção civil desconsidera a quantidade de resíduos sólidos gerados a partir da demolição e construção de obras civis e, quando tem conhecimento da poluição ambiental, não estão instruídos de como prosseguir com uma destinação seletiva dos resíduos, por meio de uma deposição correta e de uma triagem, separando os resíduos passíveis de reciclagem e/ou reutilização.

Segundo John (2000), em países desenvolvidos e em desenvolvimento, como o Brasil, que ampliam continuamente o seu ambiente construído, existe a tendência de consumo elevado de insumos inerentes à construção civil, extraído recursos da natureza e gerando uma quantidade grande de RCD. Do ponto de vista ambiental, o problema principal com este tipo de resíduo está relacionado à sua disposição irregular, muito comum em todo o mundo, e aos grandes volumes produzidos (JOHN e AGOPYAN, 2000).

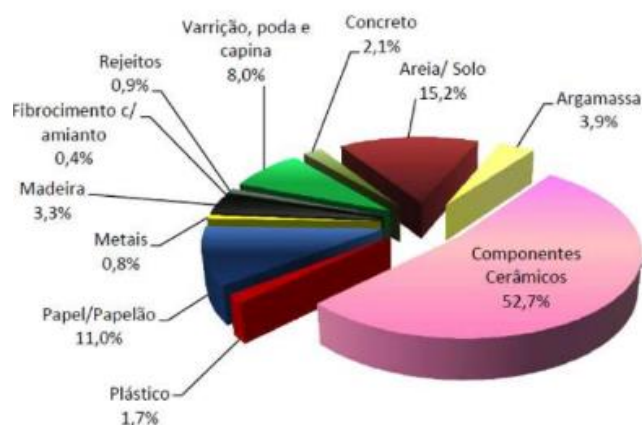
Segundo Pinto (1999) o quadro mais comum encontrado nos municípios em geral é a inadequada disposição de grandes volumes de RCD em aterros inertes ou bota-foras de modo que o problema mais significativo na destinação dessa parcela dos resíduos é o inexorável e rápido esgotamento das áreas designadas para deposição.

Ressalte-se que segundo alguns autores como, Zordan (2000); Oliveira, (2002) e outros o RCD classificado como não inerte, não deve ser considerado como prática adequada porque pode provocar a lixiviação de efluentes poluentes, sem qualquer tratamento ou destino.

Em estudos desenvolvidos na cidade de Olimpia-SP por Marques neto Córdoba

(2010) sobre a composição do RCD verificou-se que 52,7% do material analisado era de componentes cerâmicos conforme o gráfico 01.

**Gráfico 1-** Estimativa percentual da composição volumétrica dos RCC e volumosos de Olímpia-SP.



**Fonte:** MARQUES NETO; CÓRDOBA (2010, p. 123).

Segundo Kabirifar et al. (2020) os parâmetros importantes para uma gestão eficiente de RCD compreendem:

1. A hierarquia de gestão por meio de estratégias de redução, reutilização e reciclagem e seus fatores associados;
2. Os fatores práticos de gestão, incluindo sustentabilidade, atitudes das partes interessadas e ciclo de vida. Além disso, os materiais de construção normalmente utilizados — como o alumínio, concreto e aço — são responsáveis por parte significativa das emissões de CO<sub>2</sub>.

### 3.4. Reutilização dos Resíduos

De acordo com o Portal dos Resíduos Sólidos (2023), a utilização de resíduos tem crescido continuamente devido ao consumo excessivo de materiais de origem natural. Para minimizar o impacto da poluição no espaço urbano causado pelo descarte irregular, a destinação adequada desses resíduos vem sendo amplamente discutida ao longo dos anos. A conscientização da população sobre a importância do descarte correto dos resíduos da construção civil tornou-se indispensável, visando reduzir os danos ambientais e promover a sustentabilidade.

De acordo com Silva (2015), uma das soluções é a utilização de certos produtos oriundos de resíduos de construção e demolição (RCD), como o rachão, em obras de

pavimentação, drenagem e terraplenagem voltadas para infraestrutura viária (Figura 02). As condições para o uso desses resíduos são regulamentadas pelas normas NBR 15.115:2004 e NBR 15.116:2004 (Silva, 2015).

**Figura 2-** Terraplanagem com uso de rachão.



**Fonte:** [zanettiterraplenagem.com.br/artigo/reforço-de-sub-base-com-rachão](http://zanettiterraplenagem.com.br/artigo/reforço-de-sub-base-com-rachão).

A reciclagem dos resíduos varia conforme o tipo de material obedecendo a Resolução CONAMA nº 307. Dependendo do material, pode-se realizar a granulometria ou a classificação das frações, permitindo que sejam reaproveitados de forma adequada como novos materiais reciclados.

As usinas de reciclagem de RCD são divididas basicamente em dois tipos: usinas Móveis e fixas.

Usina móvel, como mostra na figura 03 são equipamentos projetados para operar de maneira flexível em diversos locais, oferecendo uma solução eficiente para a reciclagem de materiais em canteiros de obras ou regiões próximas. Essas usinas podem realizar a trituração e separação dos resíduos no próprio local onde são gerados, eliminando a necessidade de transporte de grandes volumes de material (Usina Verde, 2023).

**Figura 3-** Usina de RCD Móvel



**Fonte:** Sérgio Oliveira/EPTV,2022

Segundo o Portal dos Resíduos Sólidos (2023), a usina fixa como mostra na figura 04, apresenta uma capacidade de reciclagem maior que a usina móvel. As usinas fixas são adequadas para cidades de médio o grande porte, onde o empreendedor possui uma empresa de reciclagem em larga escala, recebendo grandes quantidades de resíduos e com alta demanda para a venda de agregados reciclados.

**Figura 4-** Usina Fixa.



**Fonte:** Portal resíduos sólidos

De acordo Bartoli (2015) quando os Resíduos de Construção Civil (RCC) são provenientes de obras de grande porte e há uma boa organização no canteiro, as usinas fixas podem ser extremamente eficazes, permitindo a reciclagem dos resíduos e até o seu reaproveitamento. O autor destaca ainda que possibilitam a execução simultânea de vários processos, gerando lucro, seja pela venda dos materiais reciclados ou pelo seu reuso nas próprias obras, evitando que os resíduos sejam descartados de forma inadequada, prevenindo danos ambientais.

Todavia, mesmo com essa alternativa sustentável, ainda no Brasil há poucas usinas instaladas e em funcionamento, incluindo a região Norte. Segundo os dados da

Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON existem pelo menos 310 usinas sendo 74% fixas, 21% móveis e 5% fixas e móveis. O Estado de São Paulo concentra mais da metade das usinas instaladas, 54% do total, isso se deve a maior concentração da atividade da construção civil o que consequentemente tem-se uma maior geração de resíduos.

### **3.5. Pavimentação: etapas e execução**

O pavimento no ponto de vista estrutural é destinado a resistir à ação de forma direta do tráfego no local e transmitir essa mesma ação de forma reduzida às camadas inferiores até o terreno natural, também impermeabilizar a área para evitar desgastes, aumentando assim a vida útil do projeto (BERNUCCI et al., 2010)

Em geral é composto das camadas de espessura finita, dimensionadas de acordo com a carga estimada resultante do tráfego de veículos que utilizara a via. Seja no ambiente urbano seja no rural as vias se propõe, antes de tudo a proporcionar conforto segurança e economia durante os movimentos realizados por seus usuários.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT destaca em seus Manuais sobre projeto de rodovias desde a etapa de planejamento do traçado até a sinalização final após a execução do corpo estradal formado por camadas de em revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito (DNIT, 2006).

Todavia esta etapa de pavimentação é precedida pela etapa de locação do traçado, execução da drenagem necessária e da terraplenagem. Na maioria das cidades de médio e pequeno porte, percebe-se que grande parte das vias não recebem as camadas para revestimento asfáltico, e em sua maioria são recobertas com paralelepípedos ou outros tipos de material rochoso, ou são mantidas sem revestimento, ficando apenas com o subleito resultado da terraplenagem.

De acordo com Silva (2015), em vias sem revestimento asfáltico, é comum ocorrerem problemas como erosão e acúmulo de água durante o período chuvoso. Para mitigar esses efeitos, uma das soluções adotadas é o recobrimento com resíduos de construção e demolição (RCD), seguido de compactação, o que melhora a qualidade de rolamento nessas vias. Durante a etapa de terraplenagem, são executados os serviços de corte e aterro, que consistem em movimentos de terra para conformar o relevo de acordo com o projeto do traçado das vias.

### **3.6. Uso de Agregado Reciclado na Pavimentação de Infraestruturas Viárias**

Os resíduos de construção e demolição (RCD), após reciclagem, podem ser reutilizados em diversas áreas da construção civil, especialmente na formação de camadas estruturais de pavimentos, como base e sub-base. (LIMA, 2008).

A utilização de RCD em pavimentação contribui para a redução dos gastos públicos com aterros e materiais de construção, além de prolongar a vida útil dos aterros em operação. Isso ocorre porque a reciclagem dos resíduos inibe o descarte clandestino ao longo das vias públicas, diminuindo a sobrecarga nos aterros. Como resultado, o aspecto visual das cidades melhora, e os gastos adicionais com a remoção do RCD são reduzidos (TRICHÊ e KRYCKYJ, 1999).

Um estudo realizado na Cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará, se mostrou eficiente de acordo com os aspectos técnicos, a partir da realização de ensaios de CBR (California Bearing Ratio), compactação, granulometria e limite de liquidez e plasticidade. Assim, conseguiram atender as normas da NBR 15.115/2004, na qual define as condições para uso do material na base de pavimentos.

Diante dessa pesquisa realizada, comprovou-se a eficiência para a utilização do pavimento com agregado reciclado, como aterro com solo adquirido por reciclagem de RCD Classe A, em camadas de sub-base de pavimentos de vias públicas com material produzido a partir de usinagem e mistura de RCD e nas camadas de base de pavimento com solo-brita obtido por reciclagem de RCD Classe A. A figura 5 mostra a prática dessa execução adquirida (SANTOS; ARAÚJO; AYRES, 2019).

**Figura 5-** Execução da base em BGS reciclado.



**Fonte:** Prefeitura de Fortaleza, 2014.

A Figura 6 apresenta a execução da base em BGS (Brita Graduada Simples) reciclado e a execução do revestimento asfáltico, respectivamente (SANTOS; ARAÚJO; AYRES, 2019).

**Figura 6-** Execução do revestimento asfáltico



**Fonte:** Prefeitura de Fortaleza, 2014.

De acordo com Silva e Almeida (2021), o custo de produção de materiais reciclados para pavimentação pode ser até 30% menor do que o de materiais convencionais, quando se consideram os custos de transporte e descarte em aterros.

Além disso, o uso de RCD pode reduzir a necessidade de extração de novos materiais, economizando recursos naturais e reduzindo os custos associados à mineração e transporte. Nos quadros 2 apresenta uma comparação entre os custos de pavimentação utilizando RCD e materiais convencionais.

**Quadro 2-** Custo unitário de serviço para execução da camada de base, utilizando material da jazida natural.

| Custo Unitário de Serviços |                                     |         |                |          |
|----------------------------|-------------------------------------|---------|----------------|----------|
| Local                      | Material                            | Tabela  | Unidade        | Custo    |
| Jazisa Natural             | Base em brita graduada simples(BGS) | SEINF   | m <sup>3</sup> | R\$81,33 |
|                            |                                     | SINAPI  | m <sup>3</sup> | R\$83,42 |
|                            |                                     | SEINFRA | m <sup>3</sup> | R\$83,25 |
|                            | Base em solo brita com 50% de brita | SEINF   | m <sup>3</sup> | R\$94,78 |
|                            |                                     | SEINFRA | m <sup>3</sup> | R\$57,66 |

**Fonte:** SANTOS; et al., 2019.

Conforme apresentado no quadro 3, o custo para a realização da camada de base de um pavimento, oriundo de agregado reciclado, o BGS, segundo a composição

analisada, é 56,67% mais econômico em comparação com a BGS de jazida natural, de acordo com a tabela SEINFRA. Já o solo brita, utilizando 50% de brita reciclada, mostra-se uma opção viável, oferecendo uma economia de 29,88% em relação ao material equivalente proveniente de jazidas naturais, também conforme os valores da tabela SEINFRA.

**Quadro 3-** Custo unitário de serviço para execução da camada de base, utilizando material reciclado.

| <b>Custo Unitário de Serviços</b> |                                               |               |                |              |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|---------------|----------------|--------------|
| <b>Local</b>                      | <b>Material</b>                               | <b>Tabela</b> | <b>Unidade</b> | <b>Custo</b> |
| Jazida Natural                    | Base em brita graduada simples(BGS) reciclada | COMP          | m <sup>3</sup> | R\$36,15     |
|                                   | Base em solo brita com 50% de brita reciclada | COMP          | m <sup>3</sup> | R\$40,43     |

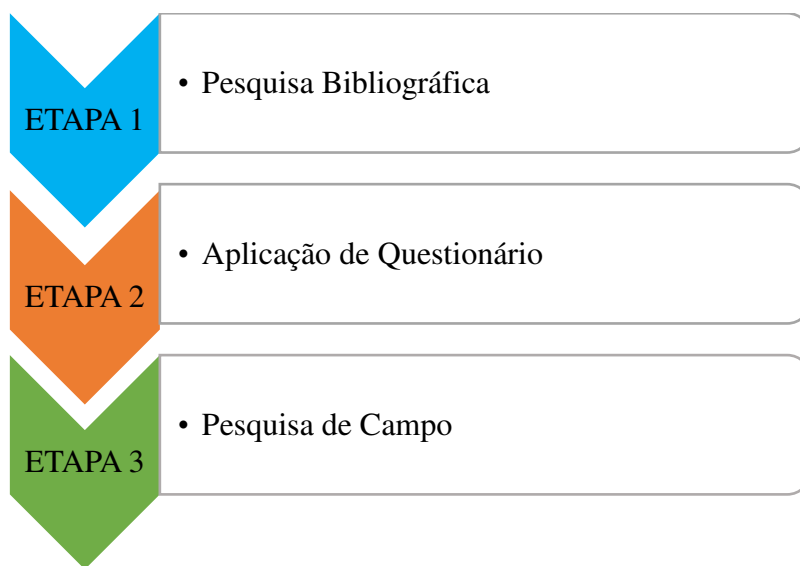
**Fonte:** SANTOS; et al., 2019.

O custo da utilização de um material reciclado interfere nitidamente no orçamento de uma obra pública de pavimentação, visto que chega a ter uma economia de 56,67% em relação a um material natural. Esta economia não somente beneficia o órgão público, como também a população e o meio ambiente.

#### 4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em 03 etapas, assim como demonstra detalhadamente na Figura 7.

**Figura 7-** Etapas para obtenção dos resultados da pesquisa.



**Fonte:** Autor, 2024.

A primeira etapa consistiu na realização de uma revisão bibliográfica abrangente sobre o tema de gestão de RCD e sua utilização em pavimentação. Foram consultadas fontes como artigos científicos, livros, legislações, normas técnicas e publicações de órgãos reguladores, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Esta etapa permitiu uma compreensão aprofundada sobre a geração, o manejo e o reaproveitamento de RCD, bem como sobre as práticas sustentáveis aplicáveis à pavimentação urbana.

Na segunda etapa, foi elaborado e aplicado um questionário (APÊNDICE A) direcionado a Secretária de Infraestrutura da Prefeitura de Martins, RN. O questionário foi elaborado com doze perguntas abordando temas como a existência de políticas municipais para o gerenciamento de RCD, a prática atual de descarte e possíveis usos alternativos dos resíduos. A aplicação do questionário foi realizada aos colaboradores responsáveis pelas obras públicas da cidade.

A terceira etapa envolveu a realização de uma pesquisa de campo, cujo objetivo foi reconhecer os pontos de descarte de RCD no meio urbano de Martins, RN. Essa etapa incluiu visitas aos locais de descarte e entrevistas com os responsáveis pela gestão de resíduos na cidade, sendo utilizado o questionário do Apêndice A, tanto aplicado a moradores onde se foi identificado volumes significativos de RCD nas proximidades de suas residências, como também, aplicado a empresa provada de construção civil. Além de observar as condições e práticas de descarte realizadas pela população local. A coleta de dados em campo foi fundamental para entender a realidade do manejo de RCD no município e identificar oportunidades para sua reutilização.

Os dados coletados em cada uma das etapas foram analisados qualitativamente, buscando-se identificar padrões, desafios e oportunidades para o reaproveitamento de RCD na pavimentação de vias em Martins, RN. As informações obtidas através da revisão bibliográfica, questionários, pesquisa de campo e identificação visual do descarte, foram comparadas e integradas para fornecer uma visão abrangente das possibilidades e limitações existentes, servindo como base para a elaboração de recomendações e propostas de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável de RCD.

#### **4.1. Caracterização da Área De Estudo**

O município de Martins, localizado no interior do estado do Rio Grande do Norte, (figura 08) foi selecionado como local de pesquisa para este trabalho devido às suas características geográficas e econômicas específicas. Situada a aproximadamente 370 km da capital, Natal, Martins possui uma área de 169 km<sup>2</sup> e uma população de cerca de 8.200 habitantes e densidade demográfica de 48,26 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). .

**Figura 8-** Mapa de localização geográfica de Martins-RN



**Fonte:** IBGE. Cidades e Estados: Martins (RN), 2022.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1. Resultados do Questionário Aplicado na Secretaria Municipal de Infraestrutura**

Os resultados obtidos com base no questionário (apêndice A), aplicado na Secretaria Municipal de Infraestrutura de Martins-RN, revelou aspectos importantes sobre a situação atual e os desafios relacionados ao aproveitamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no município.

A ausência de um plano de gerenciamento de RCD foi destacada como um obstáculo significativo. Atualmente, os resíduos são descartados em lixões a céu aberto sem triagem, e não há conhecimento sobre práticas de reutilização de RCD na pavimentação, exceto para etapa de regularização de subleito, ou seja, para evitar alagamento em vias não pavimentadas. Esse processo em geral ocorre em emergências, como em períodos chuvosos.

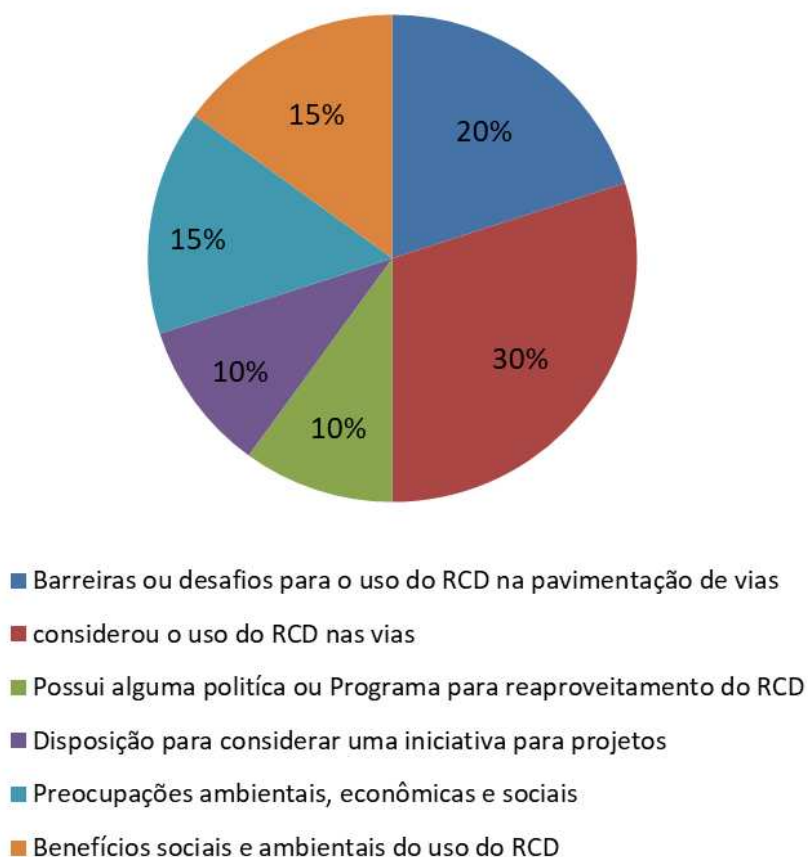
Entre as principais barreiras apontadas para a implementação do RCD na pavimentação estão à falta de conhecimento técnico, recursos financeiros limitados e a forte dependência de práticas convencionais. Isso reflete uma resistência à inovação e uma percepção negativa quanto à viabilidade técnica e econômica do uso de RCD, em parte devido a preocupações com a durabilidade e a qualidade das obras. No entanto, foi identificado um potencial de mudança com a introdução de capacitações técnicas e estudos de caso que demonstrem a eficiência do uso de RCD em outras localidades.

Apesar dessas barreiras, os entrevistados mostraram interesse no desenvolvimento de projetos, desde que haja suporte técnico e financeiro adequado. Isso sinaliza uma disposição para explorar o uso de RCD, especialmente se houver parcerias com instituições de pesquisa e acesso a recursos governamentais. No entanto, para que essa mudança ocorra, seria necessário um suporte mais significativo, incluindo treinamento dos profissionais e regulamentações claras sobre o uso de RCD.

Outro ponto levantado em consideração foi à falta de iniciativas mais amplas no município para promover o reaproveitamento de RCD em outras áreas além da terraplanagem, revelando uma deficiência na gestão de resíduos. Foi apontada também a necessidade de maior apoio governamental, tanto em esfera Municipal, quanto Estadual, para promover o uso de RCD, reforçando que a sustentabilidade urbana depende não apenas de incentivos técnicos e econômicos, mas também de um engajamento da comunidade.

No gráfico 02, evidencia que a falta de conhecimento e de investimentos em práticas sustentáveis limita o uso do RCD na cidade de Martins, embora haja potencial para impactos ambientais e sociais positivos, principalmente em uma cidade turística. Isso reforça a necessidade de políticas públicas mais robustas e programas de incentivo ao reaproveitamento desses materiais não só na terraplanagem de vias.

**Gráfico 2-** Distribuição do questionário sobre o uso de RCD.



**Fonte:** Autor, 2024.

## 5.2. Resultado do registro fotográfico associado à classificação.

Na cidade, existe um lixão, como mostrado na Figura 9 que serve como destino para resíduos sólidos residenciais, comerciais, públicos, de serviços de saúde, resíduos da construção civil e materiais não contaminantes, como restos de podas. O lixão está localizado a aproximadamente 3,5 km do centro da cidade.

**Figura 9-** Área de disposição final de resíduos sólidos de Martins – RN



**Fonte:** Autor, 2024.

Atualmente, não há previsão para a implementação de um aterro sanitário controlado como parte do plano de gerenciamento de resíduos, o que intensifica os impactos ambientais, além de contribuir para a poluição visual, especialmente por sua proximidade com pontos turísticos de Martins.

Durante a pesquisa de campo nos bairros estudados, foram identificados os principais tipos de resíduos descartados pelos geradores. O Quadro 4 apresenta esses resíduos, juntamente com suas classificações, conforme a Resolução CONAMA nº 307 de 2002.

**Quadro 4-** Classificação dos resíduos mais frequentes de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 de 2002.

| Classificação                     | Classe A                                                     | Classe B                                             | Classe C                                                                                                                                         |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definição de acordo com o CONAMA. | São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados. | São os resíduos recicláveis para outras destinações. | São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação |
| Principais resíduos encontrados:  | Tijolo; telhas; argamassa; concreto e blocos.                | Papel e madeira                                      | Placa de gesso                                                                                                                                   |

**Fonte:** CONAMA - Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002.

Foram identificados itens característicos das Classes A, B e C nos entulhos encontrados em vias públicas. Observou-se que parte desses resíduos é passível de reutilização ou reciclagem. Isso evidencia a necessidade de triagem adequada para garantir o descarte correto. Materiais como tijolos, telhas, argamassa, concreto e blocos, além de recicláveis, podem gerar redução de custos e benefícios quando transformados

em agregados para a construção civil. No entanto, os resíduos provenientes de placas de gesso ainda necessitam de tecnologia economicamente viável para seu reaproveitamento.

A Figura 10 apresenta os resíduos provenientes de uma construção residencial localizada no Bairro Poção, onde se percebe a presença de areia, cimento, tijolos cerâmicos e telhas.

**Figura 10-** Residência localizada no bairro do Poção



**Fonte:** Autor, 2024.

Na Figura 11, no bairro Cohab, foi observada uma quantidade significativa de resíduos gerados, incluindo tijolos cerâmicos, revestimentos cerâmicos, telhas e argamassas, resultantes de uma reforma residencial. O proprietário relatou que os resíduos seriam reutilizados para a terraplenagem da calçada.

**Figura 11-** Residência localizada no bairro do Cohab



**Fonte:** Autor, 2024.

Na Figura 12, foi detectada uma grande quantidade de entulho composta por blocos estruturais, tijolos cerâmicos, telhas, pedras, areia e sucata de ferro, descartados inadequadamente.

**Figura 12-** Residência localizada no bairro Lagoa Nova



**Fonte:** Autor, 2024.

A Figura 13 apresenta um grande volume de resíduos provenientes de uma reforma de obra pública, incluindo tijolos cerâmicos e estruturais, placas de gesso, telhas, areia e revestimentos cerâmicos, no Centro da cidade. Alguns moradores relataram que o entulho estava no local há dias, demonstrando a insatisfação com o órgão municipal responsável pelas limpezas da área.

**Figura 13-** Obra pública no bairro Centro



**Fonte:** Autor, 2024.

A Figura 14 apresenta outra concentração de resíduo proveniente de reformas, no centro da cidade.

**Figura 14-** comercial no bairro Centro.



**Fonte:** Autor, 2024.

No entanto, a Figura 15 apresenta a utilização do RCD para o reforço e regularização do terreno localizada no bairro Canto. O proprietário informou que essa prática surgiu da necessidade econômica, uma vez que o custo do reaproveitamento dos materiais se mostrou mais baixo que a aquisição de novos. Essa abordagem reflete uma solução sustentável e econômica para o gerenciamento dos resíduos de construção, aproveitando materiais como tijolos cerâmicos e argamassas, que ainda possuem valor de uso para aplicações como a regularização do terreno.

**Figura 15-** Residência localizada no bairro Canto



**Fonte:** Autor, 2024.

Durante a pesquisa de campo, foi identificada a deposição de resíduos realizada por uma empresa de construção civil, que utiliza um terreno (Figura 16 a e b) para a destinação final dos RCD, realizando então o armazenamento e triagem desses materiais. Segundo o proprietário dessa empresa, esses resíduos são utilizados em projetos de terraplenagem e a coleta feita através de doações dos geradores locais. Após

essa triagem, os resíduos são comercializados e vendidos por carga. O proprietário, no entanto, não informou o valor cobrado por volume de RCD.

**Figura 16-**Empresa privada de descarte de RCD em Martin-RN.



a ) RCD armazenados em local adequado      b) RCD em grandes volumes

**Fonte:** Autor, 2024

Embora hajam iniciativas isoladas de reutilização de RCD, como as citadas anteriormente, o descarte inadequado ainda é um problema significativo em diversas regiões da cidade. No caso da empresa de construção civil mencionada, pode-se considerar uma solução comercial sustentável para o reaproveitamento de resíduos, transformando o que seria lixo em insumo para terraplenagem de vias. Além disso, o reaproveitamento econômico de materiais recicláveis, adotado por proprietários e empresas, evidencia o potencial na redução de custos e impactos ambientais.

### **5.3. Consequências dos Resíduos para a Sociedade e Meio Ambientes**

O descarte inadequado de RCD contribui para uma série de consequências ambientais e sociais. Estudos anteriores, como reportado por Coelho e Miranda (2019), demonstram que o descarte de RCD sem tratamento pode aumentar a taxa de infiltração de poluentes no solo e nos corpos d'água, comprometendo a qualidade do meio ambiente local.

De acordo com o Quadro 5, o descarte em áreas urbanas também foi observado como um fator de risco para a saúde pública, com a proliferação de vetores de doenças e aumento da poluição visual, afetando o turismo, um dos principais motores econômicos da cidade.

**Quadro 5-** Consequências dos resíduos ao meio ambiente e sociedade na cidade de Martins-RN

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Consequências e danos ambientais | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afeta a paisagem local e qualidade do ambiente.</li> <li>• Dificulta o tráfego de pessoas, veículos e drenagem da água (causando enchentes).</li> <li>• Atrai outros tipos de resíduos, volumosos, vegetais e outros, capazes de acelerar a deterioração local.</li> <li>• Dependendo dos resíduos pode contaminar a água, solo e ar.</li> </ul>    |
| Consequências e danos sociais    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coloca a vida das pessoas em risco, pois dificulta sua locomoção em vias públicas.</li> <li>• Com o impedimento do percurso da água, podem ocorrer enchentes, que invadem as residências.</li> <li>• O aparecimento de animais causadores de doenças, que afetam as pessoas que vivem no local, além dos possíveis acidentes domésticos.</li> </ul> |

**Fonte:** Adaptado VG Resíduos, 2020.

Na imagem 17, o lixão municipal foi identificado como o local de descarte final dos resíduos de construção e demolição (RCD), sendo misturados com outros tipos de resíduos urbanos. Essa prática resulta em diversos impactos negativos. Do ponto de vista ambiental, a combinação de resíduos de construção com lixo comum aumenta o risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de contribuir para a poluição visual e emissão de gases poluentes.

**Figura 17-** Disposição final de resíduo sólido de Martins-RN



**Fonte:** Autor, 2024.

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos na pesquisa, a cidade de Martins, RN, enfrenta desafios significativos no manejo dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), especialmente devido à ausência de um plano de gestão específico e à falta de infraestrutura adequada para o reaproveitamento desses materiais. Embora a prefeitura já utilize RCD para terraplanagem em emergências, a aplicação é limitada e carece de formalização, o que reflete uma oportunidade para expandir e sistematizar o uso de RCD em projetos de pavimentação.

Os principais obstáculos identificados incluem a falta de conhecimento técnico, recursos financeiros e resistência a mudanças nas práticas convencionais. Além do mais, a falta de locais adequados para o recolhimento e tratamento de RCD, especialmente em áreas públicas e comerciais, continua a impactar negativamente o ambiente urbano, especialmente nas regiões turísticas.

Portanto, a implementação de políticas mais rigorosas para a coleta, destinação final e o fomento da conscientização sobre o reaproveitamento de materiais são essenciais para mitigar os impactos ambientais e econômicos associados ao descarte inadequado de RCD. Além disso, a realização de projetos-piloto de pavimentação com RCD pode ajudar a demonstrar a viabilidade técnica e econômica dessa prática, incentivando a adoção de políticas públicas que promovam a reciclagem e o reaproveitamento de materiais.

Conforme os dados apresentados há uma oportunidade clara para a o Órgão Municipal desenvolver projetos piloto que testem o uso de RCD na pavimentação, o que pode não apenas reduzir os impactos ambientais do descarte incorreto, mas também gerar economias em longo prazo. Esse cenário abre espaço para novas iniciativas que valorizem a economia circular no setor da construção civil. Nesse sentido, recomenda-se o aprofundamento do tema em pesquisas futuras, atualizando e ampliando os benefícios desse reaproveitamento.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 7207:1982 – Terminologia e classificação de pavimentação

ABNT NBR 11171:1990 – Serviços de pavimentação – Classificação ABNT NBR11804:1991 – Materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente.

AS Leis Brasileiras Relacionadas aos Resíduos da Construção Civil. NETResíduos. 2017. Disponível em: < <http://blog.netresiduos.com.br/rcc-panorama-da-legislacao-municipalbrasileira/>>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil 2017.** Disponível em: [file:///C:/Users/df681/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/TCC/panorama\\_a\\_brelpe\\_2017.pdf](file:///C:/Users/df681/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/TCC/panorama_a_brelpe_2017.pdf). Acesso em: 16 jul. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil 2021.** Disponível em: <file:///C:/Users/df681/Downloads/Panorama-2021-ABRELPE.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ANGULO, S.C. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

ANGULO, S. C.; KAHN, H.; JOHN, V. M.; ULSEN, C. **Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição.** In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 6., São Paulo, 2003. Anais. São Paulo: IBRACON, 2003.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. Dissertação de mestrado.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000. 155p.

BAGATINI, F. **Resíduos de construção civil: Aproveitamento como base e sub-base na pavimentação de vias urbanas**. Porto Alegre - 2016.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: ADEBA, 2010. 504 p. Disponível em: <http://www.abeda.org.br/livropavimentacao/>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BRASIL. Resolução no 307, de 5 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, 2002. BRASIL. Resolução no 307, de 5 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 2002.

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal no 12.305 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 24jun. 2024.

BRASIL. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Resíduos Sólidos da Construção Civil**. 2019. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 24 jun. 2024

BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Lei12.305) – Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF: Governo Federal, 2010.

BARTOLI, Hewerton. Usina de britagem fixa ou móvel? Saiba qual a melhor aplicação. Aecweb, 2015. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/usina-de-britagem-fixa-ou-movel-saiba-qual-a-melhor-aplicacao/12339>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BERNUCCI, L.B; MOTTA, L.M.G; CERATTI, J.A.P; SOARES, J.B. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: FORMAÇÃO BÁSICA PARA ENGENHEIROS**. RIO DE JANEIRO, 2008.

CAMILO, B. Q. et al. **Resíduos sólidos na construção civil: análise da gestão frente aos impactos causados ao meio ambiente**. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, p. e32711220994, 2022.

**Coelho, M. R., & Miranda, L. S. (2019).** "Impactos Ambientais do Descarte Inadequado de Resíduos de Construção e Demolição." *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, 24(3), 182-195.

DAEMO. Construção Civil. DAEMO, 2021. Disponível em: <https://www.daemo.sp.gov.br/construcao-civil>. Acesso em: 24 jun. 2024 KABIRIFAR, K. et al. Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 263, ID. 121265, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 274 p. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Pavimentacao%2005.12.06.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimentacao%2005.12.06.pdf). Acesso em: 27 ago. 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 031/2004** - ES: Pavimentos flexíveis: Concreto asfáltico: Especificação de serviço. Rio de Janeiro:DNIT, 2004. 16 p. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/normas/dnit031\\_2004\\_es.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/dnit031_2004_es.pdf). Acesso em: 27 ago. 2024

**Gomes, C. E., & Azevedo, T. L. (2022).** "Economia Circular e a Utilização de RCD: Estudo de Caso em Municípios Brasileiros." *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 9(1), 45-63.

IBGE. **Cidades e Estados: Martins (RN).** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/martins/panorama>. Acesso em: 27 ago. 2024.

MARQUES NETO, José da Costa; et al. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos da estância turística de Olímpia –SP.** 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4662163-Plano-de-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-da-estancia-turistica-de-olimpia-sp.html>. Acesso em: 02 agosto. 2024.

NORMA BRASILEIRA. ABNT NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. NBR, 2004. 7 p. Disponível em:

[https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao/arquivo=NBR\\_15112\\_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral](https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao/arquivo=NBR_15112_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral). Acesso em: 02 agosto. 2024.

NORMA BRASILEIRA. ABNT NBR 15114: **Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. NRB, 2004. 7 p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.114-RCC-e%C3%81reasde-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 02 agosto. 2024

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. PMSP/SP ETS-001: **Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil**. Secretaria de Infra-estrutura Urbana, Especificação Técnica de Serviço, São Paulo, 2003.

SANTOS, Joyce Oliveira; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa de; AYRES, Thiago Moura da Costa. **Análise da Utilização de RCD em Obras de Pavimentação na Cidade de Fortaleza**. MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 65-72, jul. 2019. ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsus-tentavel>>. Acesso em: 02 agosto. 2024. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n3.6572>.

SILVA, Graziela. **Reciclagem de resíduos é alternativa sustentável para destinação de entulhos**. Aecweb, 2015. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/reciclagem-de-residuos-e-alternativa-sustentavel-para-destinacao-de-entulhos/7628>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SGB – Serviço Geológico do Brasil. **Gruta Casa de Pedra, Martins (RN)**. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/geossit/l>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E CONTROLE URBANO – SEMAM. Portaria 48/2011. Fortaleza, CE. Publicada em 31 de maio de 2011.

Silva, J. A., & Almeida, P. R. (2021). **"Viabilidade Econômica da Reutilização de Resíduos de Construção e Demolição na Pavimentação Urbana."** *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 13(2), 101-115.

TRICHÊS, G.; KRYCKYJ, P. R. **Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA

AMBIENTAL, 4., São José dos Campos, 1999. Anais. São Paulo: ABMS, 1999, p.259-265

USINA VERDE. *Beneficiamento de RCD*. Disponível em: <https://www.usinaverde.eco.br>. Acesso em: 27 ago. 2024.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C. **Viabilidade Técnica da Utilização de Concretos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, dez. 2004.

ZORDAN, S. E., **A Utilização do Entulho como agregado na Confecção do Concreto**, 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas.

**APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA APLICADA AO SECRETÁRIO  
DE  
INFRAESTRUTURA DO MUNICÍPIO DE MARTINS/RN**

**Objetivo da entrevista:**

A entrevista teve como objetivo investigar a geração, manejo e logística dos resíduos mais comuns na construção civil, identificar os desafios enfrentados para implementação de práticas de reaproveitamento de resíduos nas obras viárias em Martins/RN, buscando compreender os desafios e as perspectivas da gestão desses resíduos no contexto municipal.

**Data da entrevista:**

09 de Agosto de 2024

**Local da entrevista:**

Secretaria de Infraestrutura, Martins/RN.

**Roteiro da Entrevista:**

- 1) Quais são a função e as responsabilidades principais do seu cargo?
- 2) A prefeitura possui alguma política ou programa para o reaproveitamento de RCD?
- 3) A prefeitura já considerou o uso de RCD na pavimentação de vias? Se sim, por que o uso não foi implementado?
- 4) Quais são as principais barreiras ou desafios que impedem o uso de RCD na pavimentação?
- 5) Existem preocupações ambientais, econômicas ou técnicas que influenciam a decisão de não usar RCD?
- 6) Em sua opinião, quais seriam os benefícios ambientais e sociais do uso de RCD na pavimentação de vias na cidade?

- 7) A prefeitura estaria disposta a considerar projetos piloto para testar o uso de RCD na pavimentação? O que seria necessário para isso acontecer?
- 8) Que tipo de apoio (técnico, financeiro, legislativo) seria necessário para implementar o uso de RCD na pavimentação de vias?
- 9) Existe alguma iniciativa atual para promover o reaproveitamento de RCD em outras aplicações? Pode descrever?
- 10) Como a prefeitura vê o papel dos resíduos de construção e demolição na sustentabilidade urbana e na economia circular?
- 11) Na sua visão, o que precisaria mudar para que a cidade começasse a utilizar RCD na Pavimentação de vias?
- 12) Você gostaria de adicionar algum comentário ou sugestão sobre o tema do reaproveitamento de RCD na pavimentação?