



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO RAFAEL DE OLIVEIRA NETO

Estudo dos Efeitos do Uso do RCD na Pavimentação Urbana: Uma Revisão Sistemática
da Literatura.

PAU DOS FERROS

2025

FRANCISCO RAFAEL DE OLIVEIRA NETO

Estudo dos Efeitos do Uso do RCD na Pavimentação Urbana: Uma Revisão Sistemática da
Literatura.

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

Orientador Prof. Me. Marília Cavalcanti Santiago

PAU DOS FERROS

2025

© 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.

N469e Neto, Francisco Rafael de Oliveira .
Estudo dos Efeitos do Uso do RCD na
Pavimentação Urbana: Uma Revisão Sistemática da
Literatura. / Francisco Rafael de Oliveira Neto.
- 2025.
45 f. : il.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. urbano. 2. pavimentação urbana. 3.
sustentabilidade. I. Santiago, Marília Cavalcanti
, 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.

FRANCISCO RAFAEL DE OLIVEIRA NETO

Estudo dos Efeitos do Uso do RCD na Pavimentação Urbana: Uma Revisão Sistemática da
Literatura.

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

Defendida em: 24/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Marilia Cavalcanti Santiago, Prof^a Me.
(UFERSA)
Presidente

Fabiola Luana Maia Rocha, Eng. Civil, Me.
(UFERSA)
Membro Examinador

Vinícios da Vinci Ferreira da Silva, Eng. Civil
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de chegar até aqui, pelas forças que tem me concedido para vencer todas as batalhas enfrentadas durante esse processo. Em seguida, agradeço aos meus pais, Alex Stélio e Josemara Abrantes, pelo incentivo, por serem meu alicerce e minha principal motivação em minha caminhada. A minha irmã Sophia, aos meus familiares nas pessoas da minha avó Maria Abrantes, minhas tias Aline Simone e Adriana Cunha agradeço por todo carinho e suporte durante esta jornada. Gratidão também aos meus amigos e futuros colegas de profissão Natanael Andrade, Herbert Casimiro, Vinícios da Vinci e João Neto, por toda amizade e parceria durante esses anos de curso.

Agradeço também à minha orientadora, professora Marília Cavalcanti Santiago, por todo apoio e ter sido minha luz durante essa caminhada. Por fim, e não menos importante gostaria de agradecer a Universidade Federal Rural do Semi-Arido e ao seu corpo docente, por todas as oportunidades de conhecimento que me foram disponibilizadas e pelas experiências únicas que vivi.

“É justo que muito custe o que muito vale”

Santa Tereza D’Ávila.

RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais consomem recursos naturais e geram resíduos, como os Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Diante da necessidade de soluções sustentáveis, este estudo analisa, por meio de uma revisão sistemática da literatura, os efeitos da incorporação de RCD em pavimentação urbana, especialmente em camadas de base e sub-base. A pesquisa buscou avaliar sua viabilidade técnica, ambiental e econômica, considerando critérios como granulometria, dosagem, resistência mecânica e permeabilidade. Foram analisados estudos publicados entre 2010 e 2025, selecionados a partir de bases como SciELO, Google Acadêmico, Periódicos CAPES e Science Direct. Após triagem, 12 trabalhos foram incluídos na análise. Os resultados demonstram que o RCD pode substituir agregados naturais em pavimentação, reduzindo custos e impactos ambientais. No entanto, sua aplicação enfrenta desafios, como a heterogeneidade da composição e a falta de padronização granulométrica. Sendo assim, é possível afirmar que o RCD é uma alternativa promissora para a pavimentação urbana, alinhada aos princípios da economia circular, mas requer processos adequados de triagem, tratamento e normatização técnica para garantir desempenho equivalente aos materiais convencionais.

Palavras-chave: urbano, pavimentação urbana, sustentabilidade.

ABSTRACT

The construction industry is one of the sectors that consumes the most natural resources and generates waste, such as Construction and Demolition Waste (CDW). Given the need for sustainable solutions, this study analyzes, through a systematic literature review, the effects of incorporating CDW in urban paving, especially in base and sub-base layers. The research sought to evaluate its technical, environmental and economic feasibility, considering criteria such as granulometry, dosage, mechanical resistance and permeability. Studies published between 2010 and 2025 were analyzed, selected from databases such as SciELO, Google Scholar, CAPES Journals and Science Direct. After screening, 12 studies were included in the analysis. The results demonstrate that CDW can replace natural aggregates in paving, reducing costs and environmental impacts. However, its application faces challenges, such as composition heterogeneity and lack of granulometric standardization. Therefore, it is possible to state that RCD is a promising alternative for urban paving, aligned with the principles of the circular economy, but it requires adequate screening, treatment and technical standardization processes to guarantee performance equivalent to conventional materials.

Keywords: Urban, Urban Paving, Sustainability.

LISTA DE SIMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Aspecto visual de agregados reciclados de entulho de construção e demolição -----	17
Figura 2- Classificação de Resíduos-----	18
Figura 3- Usina de RCD Móvel-----	25
Figura 4- Artigos pré-selecionados em busca primária e total sem duplicidade -----	32
Figura 5- Artigos pré-selecionados na triagem 1 e total sem duplicidade entre as bases -----	33
Figura 6- Artigos selecionados por critérios de inclusão e exclusão -----	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação dos Resíduos da Construção Civil	18
Quadro 2- Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil.....	20
Quadro 3- Fonte geradora e componentes dos RCC	20
Quadro 4- Resíduos gerados na construção civil	21
Quadro 5- Etapas a serem seguidas na metodologia	29
Quadro 6- Base de dados usadas para busca.....	31
Quadro 7- Strings aplicadas nas buscas.....	31
Quadro 8- Sínteses dos Trabalhos selecionados	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
3.1	Construção Civil e produtos residuais	16
3.2	Utilização do RCD em obras de pavimentação	16
3.3	Classificação.....	18
3.4	Composição do RCD	19
3.5	Legislação Vigente	22
3.5	Normas Brasileiras Vigentes e Instituições Reguladoras.....	22
3.6	Impactos Ambientais.....	24
3.8	Vantagens e desvantagens do uso do RCD na pavimentação	25
4	METODOLOGIA.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Análise Estatística dos Trabalhos Seleccionados	31
4.2	Síntese dos Trabalhos Encontrados	34
5	CONCLUSÃO	40
6	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A busca por soluções sustentáveis na indústria da construção civil tem ganhado destaque nos últimos anos, impulsionada pela necessidade de reduzir a exploração excessiva de recursos naturais e minimizar os impactos ambientais gerados pelos resíduos de construção e demolição (RCD) (Zhang et al., 2019).

Nesse contexto, o uso de materiais reciclados, como os agregados de concreto reciclado (RCA) e o pavimento asfáltico recuperado (RAP), tem se mostrado uma alternativa viável e eficaz para promover práticas mais sustentáveis e alinhadas aos princípios da economia circular (Zhang et al., 2019).

Estudos recentes demonstram que a substituição parcial de agregados naturais por RAP pode atender aos requisitos técnicos necessários, desde que os projetos de dosagem sejam cuidadosamente elaborados (Barbosa et al., 2023).

Além disso, do ponto de vista geotécnico, a aplicação desses resíduos em pavimentação é vantajosa, especialmente em locais com presença de água, devido à sua natureza não plástica e capacidade de estabilização de solos (Santos, 2018, p. 38).

A infraestrutura urbana desempenha um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico das cidades, sendo os pavimentos urbanos elementos críticos para garantir mobilidade, segurança e qualidade de vida da população (Gentil, C. D. A., 2015). Os agregados utilizados na composição desses pavimentos têm uma função essencial, influenciando diretamente a resistência mecânica, a durabilidade e o desempenho geral das estruturas asfálticas e de concreto. Nesse sentido, os resíduos de construção civil (RCD), compostos principalmente por tijolos cerâmicos, restos de concreto, telhas, areia e pedras, representam uma fonte promissora de materiais recicláveis para a pavimentação urbana (Carvalho, 2020).

Os agregados graúdos, em particular, são fundamentais para fornecer resistência às cargas aplicadas e estabilidade estrutural às misturas asfálticas, sendo a seleção de materiais com características morfológicas adequadas um fator determinante para o desempenho mecânico e a durabilidade dos pavimentos (Esteves, S. F., 2014).

No entanto, é necessário considerar o desempenho a longo prazo desses materiais, uma vez que o desgaste da microtextura e a redução da angularidade podem comprometer atributos essenciais, como a resistência ao deslizamento e a durabilidade das vias urbanas (Sousa et al., 2020).

Diante disso, o desenvolvimento de normas técnicas e a ampliação de pesquisas sobre misturas sustentáveis são fundamentais para consolidar o uso desses materiais em larga escala. Este estudo explora a utilização de RCD na pavimentação urbana, abordando seus impactos técnicos, ambientais e econômicos, além de discutir as tendências e possibilidades para sua aplicação em projetos de infraestrutura urbana.

2 Objetivo

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise detalhada dos estudos existentes sobre a eficiência do uso dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD) na composição das camadas de base e sub-base de pavimentos viários. O objetivo é compreender os benefícios e desafios dessa aplicação, destacando seu impacto na durabilidade, resistência mecânica e sustentabilidade das infraestruturas rodoviárias.

2.2 Objetivos Específicos

Observar os resultados de estudos já existentes, analisando a efetividade do emprego do RCC em pavimentos, através dos seguintes fatores:

- **Analisar a granulometria do RCC em pavimentos:** Examinar como a distribuição dos tamanhos das partículas do Resíduo de Construção e Demolição (RCC) influencia as propriedades mecânicas e a durabilidade do pavimento.
- **Avaliar a dosagem do RCC:** Investigar as proporções ideais de RCC utilizadas na composição do pavimento, buscando um equilíbrio entre resistência estrutural e viabilidade econômica.
- **Verificar a resistência do pavimento com RCC:** Comparar os resultados de estudos existentes para entender o comportamento do material em relação a cargas aplicadas e sua capacidade de suportar esforços mecânicos ao longo do tempo.
- **Examinar a permeabilidade do pavimento com RCC:** Estudar a taxa de absorção de água e sua influência na durabilidade do pavimento, considerando aspectos como drenagem, erosão e impactos ambientais.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Construção Civil e produtos residuais

A construção civil é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais e gera resíduos sólidos. Nesse contexto, o uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) como parte dos agregados graúdos em pavimentos urbanos, apresenta-se como uma alternativa sustentável para redução dos impactos ambientais, diminuindo custos e ajudando a contribuir para sustentabilidade (Silva & Santos 2020).

Baseada na NBR 10004/04, Resíduo da Construção e Demolição (RCD) se enquadra em resíduos classe II B – Inertes, que são definidos como: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

Diversos estudos de caso evidenciam a influência dos agregados graúdos no desempenho dos pavimentos urbanos. Um trabalho conduzido por Barbosa et al. (2023) demonstrou que a incorporação de agregados reciclados em pavimentos de áreas urbanas resultou em desempenho equivalente aos materiais convencionais, com vantagens ambientais consideráveis.

Outro estudo, realizado por Ribeiro e Costa (2021), apontou que pavimentos projetados com agregados de alta resistência apresentaram redução de 25% nos custos de manutenção ao longo de 10 anos.

Segundo Ferreira, A. L. C. (2013) os resíduos de construção civil (RCC) são materiais gerados durante as atividades de construção, reforma, demolição e reparos de edificações, além daqueles provenientes da preparação e escavação de terrenos. Esses resíduos incluem fragmentos de tijolos, blocos cerâmicos, concretos, solos, rochas, entre outros.

3.2 Utilização do RCD em obras de pavimentação

O emprego do RCD em projetos de pavimentos pode trazer uma série de benefícios, incluindo uma contribuição significativa para o progresso sustentável, facilidade de uso em processos de construção de pavimentos e a utilização da maior parte

do material na granulometria graúda, que traz benefícios econômicos devido ao baixo custo do material. Além disso, Nagalli (2014), afirma que a gestão dos resíduos associados torna-se mais significativa quando os serviços de construção devem considerar ações de separação dos resíduos na fonte.

Figura 1- Aspecto visual de agregados reciclados de entulho de construção e demolição.



Fonte: Nagalli (2014).

Segundo Moreira (2019), é possível utilizar agregados reciclados como base e sub-base de pavimentos flexíveis, além de serem economicamente atrativos devido ao fato desses materiais normalmente serem oferecidos com valor inferior aos agregados convencionais. Segundo Beja (2014), existe muito interesse na utilização de agregados reciclados devido ao seu elevado volume de utilização e ao facto de possuírem qualidades adequadas à sua utilização em camadas de pavimentos de base e sub-base.

Com intuito de um bom planejamento de qualidade no uso de RCD, a resolução 307 do CONAMA (2002) impõe padrões e procedimentos para o gerenciar de maneira coerente esses resíduos que são resultados da construção civil, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais sociais e econômicos oriundos dessa prática.

Sendo assim, a resolução 307 CONAMA (2002) disciplina a reciclagem dos resíduos da construção civil. O objetivo principal é a não geração de resíduos em obras, aproveitando a reutilização e valorização do agregado. Com isso, é importante a fiscalização dos municípios para que haja proteção ambiental e diminua o desperdício dos resíduos valiosos da construção civil.

3.3 Classificação

Conforme afirma Nagalli (2014), há diversos modos de classificar resíduos da construção civil. Pode-se classificá-los quanto à forma, constituição, periculosidade, destino, acondicionamento, estado físico etc. A norma NBR 10004 (ABNT, 2004a), bastante utilizada como referência no meio industrial para classificação dos resíduos sólidos, define três classes de resíduos: Classe I (perigosos), Classe IIA (não inertes) e Classe IIB (inertes).

Sendo assim, a classificação dos resíduos segue critérios específicos, como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, para determinar se um resíduo é considerado perigoso. Caso seja classificado como não perigoso, realiza-se uma análise adicional, na qual são avaliadas as concentrações de componentes químicos presentes em um solubilizado obtido a partir do resíduo sólido em questão.

Figura 2- Classificação de Resíduos.



Fonte: (Desk, 2021).

Conforme o artigo 3º da resolução 307 do CONAMA (2002), os resíduos da construção civil deverão ser classificados da seguinte forma

Quadro 1- Classificação dos Resíduos da Construção Civil.

Classificação	Descrição
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.

3.4 Composição do RCD

Segundo Levy (1997) o RCD tem sua origem de três formas, sendo elas:

- Catástrofes naturais ou artificiais: bombardeios, desabamentos, incêndios, entre outros;
- Demolições: pavimentos rodoviários de concreto ou de obras que chegaram ao final de sua vida útil;
- Deficiência inerente ao processo construtivo empregado e à baixa qualificação da mão de obra.

A Resolução CONAMA nº 307 (2002) define a composição dos resíduos da construção e demolição (RCD) com base em seus elementos constituintes, como tijolos, concreto, metais, tintas, madeiras, gesso, vidros, plásticos e fiação elétrica, além das atividades que os geram, incluindo construção, reformas, reparos e

escavações. Esses resíduos são altamente diversificados devido à variedade de materiais empregados no setor da construção civil.

O RCD é o material mais heterogêneo entre os resíduos industriais. A construção civil incorpora muitas atividades no canteiro de obras e, portanto, os resíduos gerados nessas atividades conseguem estar na composição dos materiais constituintes, como por exemplo, plásticos, papel, madeiras, metais, concretos, argamassas, areia, blocos, cerâmicas, gesso, tintas e muitos outros (AMADEI, 2011; LEITE, 2001; ZORDAN, 2000).

Quadro 2: Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil.

COMPONENTES	PORCENTAGEM
ARGAMASSA	63
CONCRETO E BLOCOS	29
OUTROS	7
ORGÂNICOS	1
TOTAL	100

Fonte: Constupv (2020).

Quadro 3: Fonte geradora e componentes dos RCC.

COMPONENTES	TRABALHOS RODOVIÁRIOS	ESCAVAÇÕES	SOBRAS DE DEMOLIÇÕES	OBRAS DIVERSAS	SOBRAS DE LIMPEZAS
CONCRETO	48	6,1	54,3	17,5	18,4
TIJOLO	0	0,3	6,3	12	5
AREIA	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
SOLO, POEIRA, LAMA	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
ROCHA	7	32,5	11,4	23,1	23,9
ASFALTO	23,6	0	1,6	1	0,1
METAIS	0	0,5	3,4	6,1	4,4
MADEIRA	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5

PAPEL/MATERIAL ORGÂNICO	0	1	1,6	2,7	3,5
OUTROS	0	0	0,9	0,9	2

Fonte: Constupv (2020).

Segundo a COOPERCON-CE (2008), a quantidade e a composição dos resíduos da construção civil variam conforme o crescimento da indústria no estado ou município, sendo influenciadas pela fase da obra, técnicas construtivas e qualificação da mão de obra. A pesquisa da COOPERCON (2008) identifica os principais resíduos gerados no setor, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Resíduos gerados na construção civil.

ITEM	RESIDUO	MATERIAL	CLASSE
1	ARGAMASSA	ENTULHO	A
2	DEMOLIÇÃO DE ALVENARIAS	ENTULHO	A
3	PISOS CERÂMICOS	ENTULHO	A
4	CONCRETO	ENTULHO	A
5	PISO DE GRANITO	ENTULHO	A
6	SOLO	ENTULHO	A
7	TIJOLOS QUEBRADOS	ENTULHO	A
8	FOLHAS DE MADERIT	MADEIRA	B
9	FORRAMENTO	MADEIRA	B
10	LINHAS, CAIBROS E RIPAS DE COBERTA	MADEIRA	B
11	TABUA DE FORMA	MADEIRA	B
12	APARAS DE PERFIS DE AÇO	METAL	B
13	EMBALAGENS DE TINTAS, SOLVENTES	METAL	B
14	SOBRAS DE FIAÇÃO	METAL	B
15	EMBALAGENS DE PAPEL/PAPELÃO	PAPEL	B
16	SOBRAS DE PERFIS DE ALUMINIO	METAL	B
17	APARAS DE ELETRODUTO	PLASTICO	B
18	APARAS DE TUBOS DE PVC	PLASTICO	B
19	EMBALAGENS DE ÁGUA E REFRIGERANTES	PLASTICO	B

Fonte: COOPERCON-CE (2008).

3.5 Legislação Vigente

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 21 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.

3.6 Normas Brasileiras Vigentes e Instituições Reguladoras

Conforme afirma 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.

As normas da ABNT estabelecem diretrizes para o gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC), com base na Resolução CONAMA. A ABNT NBR 15112:2004 define critérios para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem (ATT), incluindo requisitos de segurança, identificação e controle de resíduos. Os itens 5, 6 e 7 especificam condições para funcionamento, como isolamento da área,

identificação, equipamentos de segurança, controle de recebimento e gestão de pequenos volumes.

Item 5: a área de transbordo e triagem 3 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 19 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.

A ABNT NBR 15113:2004 trata dos aterros para resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes, baseando-se em normas técnicas relacionadas a solos, solubilização e amostragem de resíduos, além de regulamentos ambientais e de qualidade da água. Entre as normas de referência estão a ABNT NBR 6484:2001 (sondagens), a NBR 10006:1987 (solubilização), a NBR 13895:1997 (poços de monitoramento) e resoluções do CONAMA, como a 307/2002, que trata da gestão de RCC.

- ABNT NBR 6484:2001 3 Solo 3 Sondagens de simples reconhecimento com SPT 3 Método de ensaio;
- ABNT NBR 10006:1987 3 Solubilizado de resíduos 3 Procedimento ABNT NBR 10007:1987 3 Amostragem de resíduos 3 Procedimento;
- ABNT NBR 13895:1997 3 Construção de poços de monitoramento e amostragem 3 Procedimento;

Já a ABNT NBR 15114:2004 estabelece diretrizes para áreas de reciclagem de RCC, considerando normas anteriores como a NBR 15112:2004 (transbordo e triagem) e a NBR 15113:2004 (aterros). Essas normas garantem um gerenciamento adequado dos resíduos, promovendo sustentabilidade e conformidade ambiental na construção civil.

- ABNT NBR 15112:2004 3 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos 3 Áreas de transbordo e triagem 3 Diretrizes para projeto, implantação e operação 25;
- Resolução CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986 3 Classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional;
- Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002 3 Gestão de resíduos da construção civil;

- Portaria Ministério da Saúde no 1469/GM, de 29 de dezembro de 2000 3 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 3 áreas de reciclagem. Essa norma foi elaborada com auxílio das NR's:

- ABNT NBR 15112:2004 3 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos 3 Áreas de transbordo e triagem 3 Diretrizes para projeto, implantação e operação.

- ABNT NBR 15113:2004 3 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

3.7 Impactos Ambientais

A indústria da construção civil apresenta um alto nível de desperdício e impacto ambiental, devido ao grande volume de resíduos gerados e à elevada extração de matéria-prima (SILVA, 2015).

No entanto, muitos profissionais da área desconhecem a quantidade de resíduos produzidos e, mesmo quando conscientes da poluição ambiental, não possuem instrução sobre a destinação seletiva adequada, como a triagem e separação para reciclagem e reutilização (CAMILO et al., 2022).

O consumo excessivo de insumos na construção civil, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, resulta na extração intensiva de recursos naturais e na geração significativa de resíduos da construção e demolição (RCD). O problema ambiental mais grave está na disposição irregular desses resíduos, o que é uma prática comum globalmente (Silva, 2019). Além disso, a deposição inadequada de grandes volumes em aterros inertes ou bota-foras acelera o esgotamento dessas áreas, tornando a gestão desses resíduos um desafio crescente (PINTO, 1999).

Exemplo de local pode-se observar na Figura 3 abaixo.

Figura 3: Usina de RCD Móvel.



Fonte: Sérgio Oliveira/EPTV (2022).

Outro aspecto preocupante é a presença de resíduos não inertes no RCD, que podem causar lixiviação de efluentes poluentes sem tratamento adequado, agravando os impactos ambientais (ZORDAN, 2000; OLIVEIRA, 2002). Isso reforça a necessidade de práticas mais sustentáveis na destinação dos resíduos da construção civil, com regulamentação e conscientização para mitigar seus efeitos nocivos ao meio ambiente.

3.8 Vantagens e desvantagens do uso do RCD na pavimentação

A utilização dos resíduos da construção e demolição (RCD) na pavimentação, especialmente como base e sub-base, apresenta vantagens econômicas, técnicas e ambientais. Economicamente, o uso de RCD de classe A como agregado reduz custos ao diminuir a exploração de novas jazidas e o consumo de recursos não renováveis. Segundo Trannin e Pancieri (2019), os resíduos podem ser beneficiados e transformados em agregados graúdos, tornando-se uma alternativa viável e econômica.

Do ponto de vista técnico, estudos indicam que o desempenho do RCD nas camadas de pavimento é adequado, com resultados mecânicos similares aos agregados convencionais. Almeida, Pandolfo, Berticelli e Bruma Martins (2018) destacam que a capacidade de suporte dessas estruturas se mostra eficiente, garantindo sua viabilidade para o uso em pavimentação. Já no aspecto ambiental, a reutilização desses resíduos contribui para a redução do descarte irregular, prevenindo enchentes, assoreamento de rios e proliferação de vetores nocivos à saúde (ALMEIDA et al., 2018).

Entretanto, algumas desvantagens ainda limitam o uso do RCD. Morand (2016) aponta que a variabilidade das propriedades físicas dos materiais, sua composição heterogênea e a falta de conhecimento sobre seu potencial dificultam sua aplicação. Além

disso, a disponibilidade insuficiente de material e a capacidade limitada das usinas especializadas podem comprometer a viabilidade de determinados projetos.

3 METODOLOGIA

Neste estudo a metodologia será fundamentada numa Revisão Narrativa da Literatura existente sobre o tema principal e, para efetivamente atingir os objetivos especificados. Essa revisão foi realizada no período de novembro de 2024 até março de 2025, tendo como foco principal do uso dos resíduos da construção civil (RCD) e impactos ambientais positivos de seu reuso também em obras de engenharia.

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa com foco em mostrar como a destinação e reuso adequados do RCD principalmente em obras de reforço de vias urbanas e até como elemento agregado na pavimentação de estradas. Esta pesquisa se classifica em exploratória visto ainda não haver um número grande de trabalho publicado, embora a reutilização do RCD venha sendo cada dia mais aplicado em obras da construção civil. Trata-se assim de uma metodologia baseada em dados textuais sobre os resíduos da construção civil.

A revisão bibliográfica foi realizada com o intuito de apresentar as investigações sobre o tema, aplicando algumas ferramentas na análise dos dados obtidos. Para tanto seguiu-se as orientações para a produção da revisão sistemática as seguintes etapas importantes: definição do tema, escolha de bases de dados adequadas, formulação de estratégias de busca, e delimitação da questão de pesquisa (seguindo o modelo PICO: população, intervenção, comparação e resultados).

Segundo o protocolo de Cronin, Ryan & Coughlan (2008) foram rigorosamente seguidos o seguinte procedimento:

1. Formular a pergunta de pesquisa;
2. Definir os critérios para inclusão e exclusão dos estudos;
3. Identificar e acessar as fontes relevantes de literatura;
4. Avaliar a qualidade dos estudos selecionados;
5. Realizar a busca, análise e divulgação dos resultados.

a) Definir a pergunta de pesquisa:

Quais os benefícios do uso do RCD em obras de pavimentação de vias urbanas?

b) Definir Critérios de Inclusão ou Exclusão:

As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram:

1. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação Urbana" OR "Infraestrutura Viária") AND ("Sustentabilidade" OR "Impacto Ambiental"
2. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação" OR "Pavimento Urbano") AND ("Reaproveitamento" OR "Reciclagem"
3. "RCD" OR "Resíduos de Construção e Demolição") AND ("Pavimentação" OR "Infraestrutura Viária") AND ("Resistência Mecânica" OR "Durabilidade" OR "Desempenho")
4. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação" OR "Infraestrutura") AND ("Normas Técnicas" OR "Regulamentação" OR "Legislação"
5. "Pavimentação Convencional" AND "Pavimentação com RCD") AND ("Comparação de Desempenho" OR "Análise de Custo" OR "Eficiência"
6. ("RCD" OR "Resíduos da Construção Civil") AND ("Pavimentação Urbana" OR "Pavimentos Sustentáveis") AND ("Metodologia" OR "Processo Construtivo" OR "Técnicas de Aplicação"
7. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação no Brasil" OR "Infraestrutura Viária Brasileira") AND ("Casos de Estudo" OR "Projetos Implementados"

Para otimizar a busca, foram utilizados operadores booleanos, conectando as palavras-chave de maneira eficiente.

Além disso, as palavras-chave foram restringidas aos títulos dos trabalhos, com o intuito de garantir que a literatura selecionada estivesse diretamente relacionada ao tema, assegurando maior especificidade e evitando a inclusão de estudos irrelevantes. O período de busca abrangeu os anos de 2010 a 2025, com o objetivo de incluir uma quantidade significativa de estudos relevantes sobre o tema.

Após a busca, os títulos e resumos dos estudos retornados foram analisados para verificar sua adequação ao tema proposto. Apenas os trabalhos que atendiam aos critérios

de inclusão foram selecionados. Foram excluídos estudos que tratavam de formação de professores, aplicação com docentes, livros didáticos ou ensino voltado para pessoas com necessidades especiais. Para a realização do estudo, foram empregadas bases de dados, incluindo:

- SciELO
- Periódicos CAPES
- Google Acadêmico
- Science Direct

c) Selecionando e acessando a literatura:

No início, foram analisados apenas o título, o resumo e as palavras-chave do trabalho. Se houver concordância, o artigo será selecionado para uma leitura completa e finalização.

d) Avaliação da qualidade da literatura incluída na avaliação

Após a aplicação do primeiro conjunto de filtros, os trabalhos aprovados foram submetidos a um segundo conjunto de critérios, que incluía a leitura do título, resumo, introdução e conclusões. Se o conteúdo total do trabalho estivesse em conformidade com os critérios estabelecidos, ele seria incluído na análise; caso contrário, seria descartado.

Os estudos foram organizados em categorias com base em seus respectivos buscadores e armazenados em pastas específicas. Essa abordagem visou facilitar o controle sobre os trabalhos totalmente selecionados e a origem de cada um deles. Com isso, conforme Quadro 5, é possível visualizar de maneira geral, todos os passos que foram seguidos para desenvolver a pesquisa.

Quadro 5: Etapas a serem seguidas na metodologia.

ETAPAS	
1ª Etapa: Identificação da temática e elaboração da questão de pesquisa.	TEMA: Estudo dos Efeitos do Uso do RCD na Pavimentação Urbana: Uma revisão sistemática da literatura.
	QUESTÃO DE PESQUISA: Analisar de forma sistemática os benefícios do uso do RCD em obras de pavimentação de vias urbana.

	Bases	As palavras-chave /operadores booleanos
2ª Etapa: Definição da estratégia de busca nas bases de dados: Estratégia de busca: 1º Definição das bases de dados; 2º Definição das palavras-chave e operadores booleanos.	SciELO Periódicos CAPES Google Acadêmico Science Direct	1. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação Urbana" OR "Infraestrutura Viária") AND ("Sustentabilidade" OR "Impacto Ambiental") 2. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação" OR "Pavimento Urbano") AND ("Reaproveitamento" OR "Reciclagem") 3. "RCD" OR "Resíduos de Construção e Demolição") AND ("Pavimentação" OR "Infraestrutura Viária") AND ("Resistência Mecânica" OR "Durabilidade" OR "Desempenho") 4. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação" OR "Infraestrutura") AND ("Normas Técnicas" OR "Regulamentação" OR "Legislação") 5. "Pavimentação Convencional" AND "Pavimentação com RCD") AND ("Comparação de Desempenho" OR "Análise de Custo" OR "Eficiência") 6. ("RCD" OR "Resíduos da Construção Civil") AND ("Pavimentação Urbana" OR "Pavimentos Sustentáveis") AND ("Metodologia" OR "Processo Construtivo" OR "Técnicas de Aplicação") 7. "Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação no Brasil" OR "Infraestrutura Viária Brasileira") AND ("Casos de Estudo" OR "Projetos Implementados")
3ª Etapa – Elaborando os critérios de inclusão e exclusão		
Critérios de inclusão: Artigos que apresentem com clareza os experimentos e metodologia aplicada Artigos que apresentem coerência com o tema técnico proposto; Trabalhos relacionados a aplicação do RCD na pavimentação.	Critérios de exclusão: Artigos com digressão do tema técnico proposto; Artigos secundários; Artigos incompletos.	
4ª Etapa – Busca dos materiais nas bases de dados de acordo com critérios de inclusão e exclusão.	Período de realização da Busca: 15/11/2024 á 15/03/2025	
5ª Etapa – Organização dos estudos pré-selecionados e selecionados.	Leitura do resumo, palavras-chave e título das publicações considerando a questão da pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão; Leitura na íntegra dos estudos considerando os critérios de inclusão e exclusão; Organização dos estudos pré-selecionados; Identificação dos estudos selecionados.	
6ª Etapa – Categorização dos estudos selecionados	Categorização e análise das informações; Síntese dos estudos selecionados.	
7ª Etapa – Análise, Interpretação e Discussão dos dados	Análise e interpretação dos resultados; Discussão dos resultados.	

Fonte: Autor (2025).

e) **Resumir e Explanar os Resultados:**

Esta etapa consistiu em uma análise detalhada e abrangente de cada estudo, com uma leitura crítica e interpretação cuidadosa das publicações encontradas. O objetivo foi identificar os principais modelos e abordagens sobre o uso de resíduos de construção e demolição (RCD) na pavimentação urbana, observando como essa prática é tratada nos diferentes contextos de pesquisa ao redor do mundo. Foi também incluída uma seção dedicada à discussão dos resultados obtidos na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com ênfase nas principais tendências, desafios e oportunidades relacionados ao uso do RCD na pavimentação urbana.

3.1 Análise Estatística dos Documentos encontrados

A análise estatística e discursiva é realizada com os artigos selecionados durante a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), logo após a conclusão do procedimento de RSL descrito anteriormente.

Para a análise estatística, os artigos são organizados em uma tabela contendo informações essenciais, como título, ano de publicação, tipo de pesquisa, metodologia utilizada e país de origem. A partir dessa organização, são gerados gráficos para representar visualmente essas categorias, seguidos de observações e comentários sobre os dados categorizados.

Na análise discursiva, adota-se uma abordagem qualitativa, na qual cada artigo é lido integralmente. Os principais argumentos e contribuições qualitativas são extraídos e destacados para uma análise mais aprofundada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Estatística dos Trabalhos Selecionados

A revisão analisou um conjunto significativo de trabalhos acadêmicos relacionados à aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na pavimentação urbana. Os resultados e análises dos dados obtidos com as ferramentas metodológicas descritas no capítulo anterior são apresentados neste capítulo. Os dados obtidos por meio da pesquisa de RSL serão apresentados na primeira seção, seguidos de uma análise de conteúdo desses dados na segunda seção.

Com isso, conforme Quadro 6, os estudos foram realizados nos bancos de dados:

Quadro 6- Base de dados usadas para busca.

Nº	BASE DE DADOS
1	Scielo
2	Google Acadêmico
3	Periódico Capes
4	Science Direct

Fonte: Autor (2025).

Sendo assim, como foi exposto, em cada banco de dados, foram usadas strings apresentadas no Quadro 7, afim de delimitar o tema em questão e trazer consigo um melhor resultado.

Quadro 7- Strings aplicadas nas buscas.

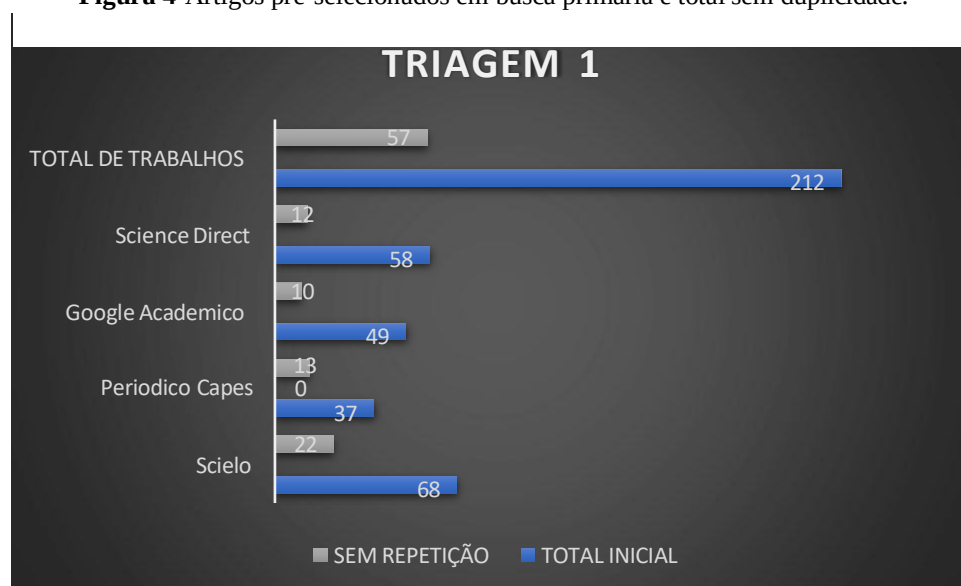
Nº	CONFORMAÇÃO DAS STRINGS
1	("Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação Urbana" OR "Infraestrutura Viária") AND ("Sustentabilidade" OR "Impacto Ambiental")
2	("Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação" OR "Pavimento Urbano") AND ("Reaproveitamento" OR "Reciclagem")
3	("RCD" OR "Resíduos de Construção e Demolição") AND ("Pavimentação" OR "Infraestrutura Viária") AND ("Resistência Mecânica" OR "Durabilidade" OR "Desempenho")

4	("Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação" OR "Infraestrutura") AND ("Normas Técnicas" OR "Regulamentação" OR "Legislação")
5	("Pavimentação Convencional" AND "Pavimentação com RCD") AND ("Comparação de Desempenho" OR "Análise de Custo" OR "Eficiência")
6	("RCD" OR "Resíduos da Construção Civil") AND ("Pavimentação Urbana" OR "Pavimentos Sustentáveis") AND ("Metodologia" OR "Processo Construtivo" OR "Técnicas de Aplicação")
7	("Resíduos de Construção e Demolição" OR "RCD") AND ("Pavimentação no Brasil" OR "Infraestrutura Viária Brasileira") AND ("Casos de Estudo" OR "Projetos Implementados")

Fonte: Autor (2025).

Conforme mencionado, o primeiro passo da revisão sistemática é realizar um levantamento geral da literatura disponível sobre a temática proposta, utilizando as bases de dados listadas no Quadro 6 e aplicando os operadores booleanos e strings descritos no quadro 7. O retorno inicial desse levantamento é um quantitativo geral de estudos, de forma que não considera de forma qualitativa, já que a seleção inicial é baseada apenas na correlação com os termos de busca, caracterizando-se como uma primeira triagem, conforme pode-se observar na figura 4.

Figura 4- Artigos pré-selecionados em busca primária e total sem duplicidade.

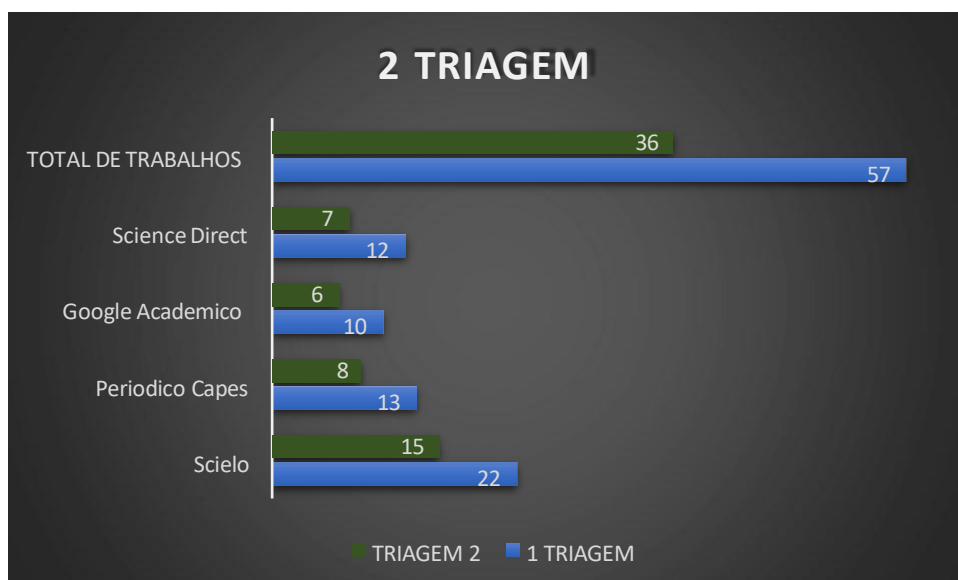


Fonte: Autor (2025).

Como resultado da aplicação dos construtos de pesquisa, foram obtidos 212 experimentos. Desses, 73,47% eram artigos repetidos, ou seja, estavam presentes na mesma base de dados várias vezes. Isso reduziu o total para 57 trabalhos únicos. Esse índice de repetição é comum em cada base, o que justifica a necessidade de realizar verificações para eliminar duplicidades e garantir a exclusividade dos artigos analisados em cada base respectiva.

Portanto, é necessário realizar uma segunda triagem. Esta etapa tem como objetivo identificar a duplicidade, mas não na mesma base de dados. Em vez disso, buscamos verificar a repetição dos trabalhos selecionados na primeira triagem entre as diferentes bases pesquisadas, sendo assim, a figura 5, traz consigo uma síntese dos resultados obtidos.

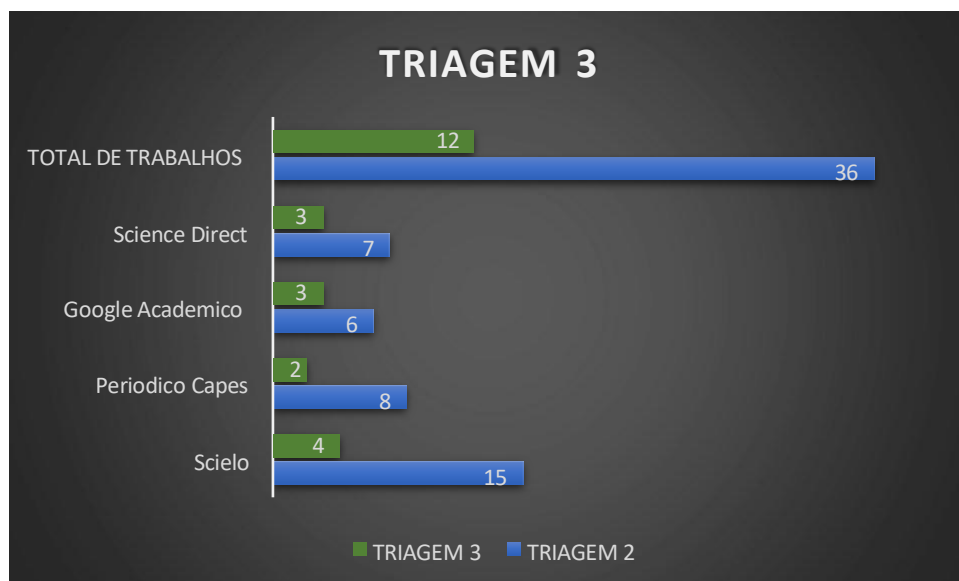
Figura 5- Artigos pré-selecionados na triagem 1 e total sem duplicidade entre as bases.



Fonte: Autor (2025).

Com isso, a primeira triagem devolveu um total de 57 trabalhos e após a segunda análise criteriosa, foi constatado um índice de 36,12% de repetição dos artigos (entre as bases de dados), sendo assim, foram feitas as devidas remoções dos mesmos, resultando-se em um total de 36 trabalhos selecionados para próxima análise.

Após garantir que todos os trabalhos não se repetem, é possível aplicar todos os critérios de inclusão e exclusão exposto na metodologia, afim de se obter uma maior precisão no resultado final, conforme resultados da Figura 6.

Figura 6- Artigos selecionados por critérios de inclusão e exclusão.

Fonte: Autor (2025).

É possível afirmar, que após aplicação dos respectivos critérios, a pesquisa devolveu um resultado final de 12 trabalhos, os quais foram lidos na íntegra e analisados conforme critérios, bem como sua relevância diante da temática proposta. Vale destacar, que essa pesquisa é do tipo qualitativa, que busca apresentar relevância nas pesquisas escolhidas.

4.2 Síntese dos Trabalhos Encontrados

Sendo assim, serão destacados, em síntese, todos os trabalhos selecionados nas criteriosas buscas de inclusão e exclusão, apresentando as principais informações, bem como, autor e ano de publicação, conforme Quadro 8.

Quadro 8: Sínteses dos Trabalhos selecionados.

AUTOR	SINTESE
Paulino, (2020).	Este estudo apresenta uma atualização sobre a reciclagem de RCD no Brasil, destacando o crescimento das usinas de reciclagem e a importância das normas técnicas para o setor.
Araújo, (2019).	A pesquisa analisa a geração de RCD em Belo Horizonte, enfatizando a necessidade

	de diagnósticos locais para um gerenciamento eficaz desses resíduos.
Garcia, (2016).	Este estudo avalia a viabilidade de utilizar RCD como revestimento primário em estradas não pavimentadas, contribuindo para a sustentabilidade na construção civil.
Amorim, (2022).	A pesquisa analisa o uso de RCD reciclados em misturas asfálticas, visando reduzir o consumo de agregados naturais e destinar adequadamente esses resíduos.
Nasato, (2019).	Este estudo analisa a viabilidade de empregar entulhos da construção civil como agregados na pavimentação rígida. A pesquisa conclui que, além de ser economicamente viável, essa prática contribui para a redução de RCD descartados no meio ambiente e diminui a extração de minérios para agregados naturais.
Barreto, (2020).	Este estudo avalia o uso de RCD associado a diferentes tipos de solos, adicionando porcentagens de 25%, 50% e 75% de RCD em massa, visando seu emprego em obras de pavimentação. Os resultados indicam que, dependendo da porcentagem de resíduo e do tipo de solo, o incremento de RCD eleva os valores do CBR e melhora as propriedades das amostras, sugerindo uma alternativa potencial para aplicação em pavimentos.
Lima, (2019).	A pesquisa analisa o uso de RCD reciclados em misturas asfálticas, visando

	reduzir o consumo de agregados naturais e destinar adequadamente esses resíduos. Os resultados mostraram que os traços produzidos com RCD apresentaram desempenho satisfatório, indicando a viabilidade de seu uso em pavimentos flexíveis.
Santos, (2018).	Este estudo avalia o comportamento mecânico de RCD puro, solo natural e solo estabilizado com RCD na proporção de 50%, visando seu uso em camadas de pavimentos. Os resultados sugerem a viabilidade técnica do RCD puro e do solo estabilizado com RCD para serem empregados em camadas de bases, devido ao comportamento mecânico compatível com agregados convencionais e ao atendimento às especificações para uso em pavimentos rodoviários.
Queiroz, (2020).	A partir do programa experimental proposto, observou-se que os agregados oriundos de RCD desempenharam um bom potencial de sua utilização em revestimentos asfálticos à quente, baseado nas análises dos corpos de prova sob os parâmetros volumétricos, pela dosagem Marshall e do trecho experimental no qual, por meio de análises de tráfegos, bem como das condições de rolamento, o pavimento asfáltico obteve resultados bastante satisfatórios.
Melo, (2010).	A dissertação avalia o uso de resíduos de construção e demolição (RCD) como

	agregado graúdo em concreto asfáltico, comparando com o seixo rolado. Os resultados mostram que o RCD tem melhor desempenho em temperaturas acima de 25°C, com maior resistência à tração e melhor estabilidade térmica, embora seja mais suscetível à umidade. Sua forma irregular e textura rugosa aumentam o atrito, melhorando a resistência ao cisalhamento. Conclui-se que o RCD é uma alternativa viável, especialmente em Manaus, com desafios relacionados à umidade.
--	---

Fonte: Autor (2025).

A presente revisão sistemática da literatura identificou diversos estudos que abordam a utilização de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na pavimentação urbana, com ênfase em sua aplicação nas camadas de base e sub-base. Esses estudos ressaltam a importância da análise de parâmetros como granulometria, dosagem, resistência e permeabilidade, fundamentais para avaliar a eficiência do RCD como material alternativo. A seguir, discutem-se os principais resultados encontrados, correlacionando-os com os objetivos propostos neste trabalho.

A granulometria do RCD é um fator crítico para sua aplicação na pavimentação, pois influencia diretamente a compactação e a estabilidade do material. Estudos como o de Queiroz (2020) destacam que a adequação da granulometria do RCD é essencial para garantir a homogeneidade e a resistência das camadas de base e sub-base. Ademais, pesquisas como as de Lima (2019) demonstram que a granulometria do RCD pode ser ajustada para diferentes tipos de solos, permitindo sua aplicação em diversas condições de pavimentação.

A dosagem do RCD em misturas para pavimentação constitui outro aspecto fundamental, pois determina a proporção ideal de resíduos a ser incorporada ao material.

Barreto (2020) evidenciou que a adição de RCD em porcentagens variadas (25%, 50% e 75%) pode melhorar as propriedades mecânicas do material, a depender do tipo de solo utilizado. O autor também reforça que a dosagem adequada do RCD pode reduzir o consumo de agregados naturais, promovendo a sustentabilidade na construção civil.

A resistência mecânica do RCD é um dos parâmetros mais analisados nos estudos revisados, visto que determina a capacidade do material de suportar cargas e tráfego. Santos (2018) avaliou o comportamento mecânico do RCD puro e do solo estabilizado com RCD, concluindo que o material apresenta resistência compatível com agregados convencionais, sendo viável para uso em camadas de base. Além disso, o estudo de Nasato (2019) demonstrou que o incremento de RCD em misturas com solo eleva os valores do CBR (California Bearing Ratio), indicando maior resistência à penetração e, consequentemente, maior durabilidade do pavimento.

A permeabilidade do RCD é um fator relevante para a drenagem e a durabilidade dos pavimentos, especialmente em áreas urbanas sujeitas a chuvas intensas. O estudo de Barreto (2020) analisou a permeabilidade do RCD quando utilizado como revestimento primário, concluindo que o material pode ser ajustado para diferentes condições de drenagem, conforme a granulometria e a compactação. Essa característica é particularmente relevante para a aplicação do RCD em pavimentos urbanos, onde a capacidade de drenagem é essencial para prevenir alagamentos e danos à estrutura viária.

Além dos aspectos técnicos, a revisão destaca os benefícios ambientais do uso de RCD na pavimentação. A pesquisa aponta que a reciclagem de RCD reduz a extração de recursos naturais e minimiza o descarte inadequado de resíduos, contribuindo para a sustentabilidade na construção civil. Araujo (2016) enfatiza a importância de políticas públicas e normas técnicas para fomentar a reciclagem de RCD, destacando seu potencial para reduzir o impacto ambiental do setor da construção.

A utilização de RCD na pavimentação também apresenta vantagens econômicas, conforme demonstrado em diversos estudos. Nasato (2019) concluiu que a substituição de agregados naturais por RCD é economicamente viável, reduzindo os custos de produção e transporte de materiais. Ademais, o autor destaca que o uso de RCD pode reduzir os custos de manutenção de estradas não pavimentadas, especialmente em regiões rurais e de baixo tráfego.

Apesar dos benefícios, alguns estudos apontam desafios e limitações no uso de RCD na pavimentação. Melo (2010) menciona que a variabilidade na composição do RCD pode afetar sua qualidade e desempenho, exigindo processos adequados de triagem

e tratamento. Ademais, ressalta-se a necessidade de pesquisas adicionais para avaliar o comportamento do RCD em condições climáticas extremas, como altas temperaturas e umidade.

A análise dos estudos revisados permite concluir que o uso de RCD na pavimentação urbana é viável tanto do ponto de vista técnico quanto ambiental e econômico. A adequação da granulometria, a dosagem correta, a resistência mecânica e a permeabilidade do RCD são fatores que contribuem para sua eficiência como material alternativo. No entanto, é necessário superar desafios relacionados à variabilidade do material e à ausência de normatização, a fim de garantir a qualidade e a durabilidade dos pavimentos.

Com base nos resultados discutidos, recomenda-se a realização de estudos adicionais que abordem o comportamento do RCD em diferentes condições climáticas e de tráfego, bem como pesquisas que explorem novas técnicas de tratamento e triagem do material. A padronização de normas técnicas para o uso de RCD na pavimentação é essencial para promover sua adoção em larga escala, contribuindo para práticas mais sustentáveis na construção civil.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar a eficiência do uso dos resíduos da construção civil (RCD) incorporados às camadas de base e sub-base da infraestrutura viária, considerando fatores como granulometria, dosagem, resistência e permeabilidade. A revisão sistemática da literatura permitiu observar um aumento significativo no interesse acadêmico sobre o tema nos últimos anos, impulsionado pela necessidade de soluções sustentáveis para o setor da construção civil.

Os estudos analisados demonstraram que a incorporação de RCD nas camadas de pavimentação pode ser uma alternativa viável para a substituição de agregados naturais, reduzindo os impactos ambientais e os custos de obras viárias. No entanto, a variabilidade dos resíduos e a falta de padronização na granulometria foram apontadas como desafios que podem comprometer a qualidade do pavimento. Um rigoroso controle da granulometria e da triagem dos RCD é essencial para garantir um desempenho adequado, conforme destacado por diversos autores.

A dosagem dos RCD nas misturas também foi amplamente discutida nos estudos revisados. Verificou-se que misturas asfálticas contendo até 30% de RCD apresentaram desempenho satisfatório, enquanto em solos arenosos, misturas contendo até 50% de RCD podem ser aplicadas sem comprometer a resistência mecânica da estrutura. Esse fator evidencia a importância de adaptar a dosagem conforme o tipo de solo e as exigências do projeto viário.

A resistência dos materiais contendo RCD foi outro fator fundamental analisado na pesquisa. Concluiu-se que, quando devidamente processados, os RCD podem melhorar a resistência à compressão e a estabilidade estrutural das camadas de pavimentação. No entanto, ressalta-se que a resistência final depende diretamente da qualidade e do processamento dos resíduos.

Quanto à permeabilidade, observou-se que a incorporação de RCD pode influenciar a capacidade de drenagem das camadas estruturais, o que pode ser vantajoso em determinadas condições climáticas, mas também pode representar um desafio quando não há controle adequado da compactação do material. Esse fator deve ser considerado no dimensionamento das camadas de base e sub-base para evitar problemas de infiltração e durabilidade reduzida.

Além disso, a viabilidade econômica do uso de RCD foi amplamente discutida, indicando que, embora a substituição parcial de agregados naturais possa reduzir os custos de produção, investimentos em infraestrutura de reciclagem são necessários para viabilizar essa prática em larga escala. A redução de custos pode alcançar até 20% quando há disponibilidade e logística eficiente para o processamento dos RCD.

Portanto, para que o uso dos RCD seja amplamente adotado na pavimentação urbana, é essencial o desenvolvimento de políticas públicas eficazes, a regulamentação adequada e a capacitação dos profissionais do setor. A implementação de normas técnicas para padronizar a granulometria, dosagem e resistência dos RCD pode contribuir para a maior aceitação desse material no setor de infraestrutura viária. Futuras pesquisas podem explorar novas metodologias de processamento e aplicações inovadoras para otimizar ainda mais o desempenho desse material sustentável.

A adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil, aliada ao desenvolvimento de políticas públicas e normas técnicas, pode contribuir para a construção de cidades mais resilientes e ambientalmente responsáveis.

6 Referências

ALTHEMAN, D. *Avaliação da durabilidade de concretos confeccionados com entulho de construção civil*. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, X, 2002, Campinas. Anais [...]. Campinas: UNICAMP, 2002.

AMORIM, E.F. (2013). **Viabilidade Técnica Econômica de Misturas de Solo-RCD em Camadas de Base de Pavimentos Urbanos. Estudo de Caso: Município de Campo Verde - MT**. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-090/13, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 151 p.

ANGULO, S. C. *Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos*. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANGULO, S. C. *Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados*. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. *Pesquisa Setorial 2017/2018*. São Paulo: Abrecon, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. *Pesquisa Setorial 2020*. São Paulo: Abrecon, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019*. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15112: resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15113: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes*. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15114: resíduos sólidos da construção civil: áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro, 2004c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15115: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação: procedimentos*. Rio de Janeiro, 2004d.

Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. *SciELO*. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/QNNFCRvKbhfCRwx5sgNwxvM> Acesso em: [17/09/2024].

Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. *SciELO*. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/YKd78sYKLW9yYFFkL4Qw3mD>. Acesso em: [17/09/2024].

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 16 dez. 2024.

Caderno de Resoluções 6º Congresso da CNTT-CUT. **História do Transporte rodoviário no Brasil**. Disponível em: < <https://cnttl.org.br/modal-rodoviario> >. Acesso em: 13/07/2024.

CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 307. Distrito Federal. Brasil. 2002

DE OLIVEIRA, João Carlos et al. **Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos de Construção e Demolição-RCD Aplicados em Pavimentos Urbanos**. Revista Foco, v. 16, n. 1, p. e671-e671, 2023.

Utilização de resíduos de construção e demolição como revestimento primário em estradas não-pavimentadas. *Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia Inovadora*. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaelectronica/index.php/rbcti/article>. Acesso em: [17/09/2024].

Concreto asfáltico a quente dosado com resíduos de construção e demolição (RCD) aplicado em pavimento flexível. *SciELO*. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/QNNFCRvKbhfCRwx5sgNwxvM>. Acesso em: [17/09/2024].

Análise de viabilidade da utilização de resíduos sólidos da construção civil como agregado na pavimentação rígida. *Repositório Digital Unicesumar*. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789>. Acesso em: [17/09/2024].

Avaliação do desempenho técnico de diferentes misturas de solo com resíduos de construção (RCD) para uso em obras viárias. *Revista Holos*. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view>. Acesso em: [17/09/2024].

Dosagem de concreto asfáltico usinado a quente utilizando resíduos de construção e demolição (RCD) em pavimento flexível. *Anais do Encontro Nacional de Asfaltamento*. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enarc/article/view>. Acesso em: [17/09/2024].

Análise Mecânica de Resíduos de Construção e Demolição por meio de Ensaios Empíricos e Mecanísticos. *Conexões - Revista de Ciência e Tecnologia do IFCE*.

Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view>. Acesso em: [17/09/2024].

Utilização de resíduos de construção e demolição como revestimento primário em estradas não-pavimentadas. *ScienceDirect*. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670719315134>. Acesso em: [17/09/2024].

Análise de viabilidade da utilização de resíduos sólidos da construção civil como agregado na pavimentação rígida. *ScienceDirect*. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618313849>. Acesso em: [17/09/2024].

MOURA, Fernando Arthur de Araújo. **Comparação entre revestimentos de pavimentos convencionais e permeáveis visando a redução de alagamentos e enchentes no meio urbano.** 2021.

SOUZA, Gian Melo de. **Estudo de misturas de solo com agregado reciclado para emprego em camadas de base de pavimentos urbanos de baixo volume de tráfego.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Silva, JP, Carvalho, DL, & Santos, AR (2020). **Uso de RCD como agregado em pavimentos: Benefícios e limitações.** *Engenharia Ambiental*,

. **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2011. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 dez. 2024.

ESTEVES, Sara Ferreira. **Reciclagem de pavimentos betuminosos: Influência da granulometria nas propriedades mecânicas de misturas recicladas a frio com emulsão.** 2014.

GENTIL, Caroline Duarte Alves. **A contribuição dos elementos da forma urbana na construção da mobilidade sustentável.** 2015.