

7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL - REVISÃO SISTEMÁTICA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.VII-017>

Rafaela Arruda Miranda (*), Beatriz Aparecida da Silva, Gabriela Torres Carvalho, Pedro Henrique Couto Cunha, Valéria Cristina Palmeira Zago

*Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, rafaelamiranda06@gmail.com

RESUMO

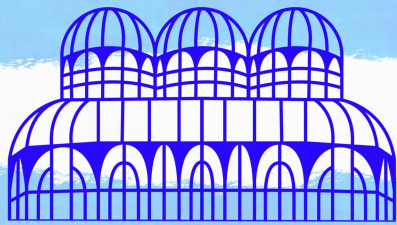
A construção civil é uma das atividades que se destaca quanto ao quantitativo exacerbado de resíduos. Com isso, o reaproveitamento daqueles provenientes da construção civil, vem sendo uma prática cada vez mais comum, ajudando a diminuir o impacto ambiental e reduzindo os custos no setor. O trabalho objetivou realizar uma revisão sistemática sobre o reaproveitamento de resíduos sólidos da construção e demolição no Brasil, em publicações científicas nacionais. Foi compreendido os artigos divulgados no período de janeiro/2018 e novembro/2023, por meio do portal CAPES. A pandemia de covid-19 afetou as publicações científicas na área, portanto, o número de artigos esteve aquém das expectativas, especialmente, em trabalhos que envolvem ensaios técnicos. Todos os artigos analisados especificaram áreas dentro do setor de construção civil, que o reaproveitamento de resíduos pode ser incorporado nos processos produtivos, por exemplo, na fabricação de novos materiais de construção, como blocos de concreto ou painéis reciclados; também na reutilização de sobras de pisos e pavimentação das cidades e de rodovias. Alguns utilizaram também resíduos agropecuários (casca de arroz, casca de ovo e vinhaça). Dentre os poucos trabalhos com experimentos e ensaios técnicos, os resíduos de construção civil foram testados e aprovados quanto aos seus aproveitamentos para uso em pavimentação, confecção de concreto alternativo e adobe. Ademais, os todos os artigos enfatizaram que o reaproveitamento pode promover a sustentabilidade na indústria da construção civil, trazendo benefícios ambientais, econômicos e sociais, associados à redução da quantidade de resíduos destinados a aterros ou terrenos baldios, à conservação de recursos naturais e mitigação dos impactos ambientais, corroborando com a ODS 12. No entanto, para que o reaproveitamento dos RCD se torne amplamente adotado, é crucial promover a conscientização, implementar regulamentações adequadas e, investir em tecnologias que facilitem a separação e reciclagem de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: reciclagem, reutilização, sustentabilidade, impacto ambiental, rejeitos

ABSTRACT

Civil construction is one of the activities that stands out in terms of the exacerbated amount of waste. As a result, the reuse of those from civil construction has become an increasingly common practice, helping to reduce the environmental impact and reducing costs in the sector. The work aimed to carry out a systematic review on the reuse of solid construction and demolition waste in Brazil, in national scientific publications. The articles published between January/2018 and November/2023, through the CAPES portal, were included. The covid-19 pandemic affected scientific publications in the area, therefore, the number of articles was below expectations, especially in works involving technical tests. All articles analyzed specified areas within the construction sector in which the reuse of waste can be incorporated into production processes, for example, in the manufacture of new construction materials, such as concrete blocks or recycled panels; also in the reuse of leftover flooring and paving in cities and highways. Some also used agricultural waste (rice husks, eggshells and vinasse). Among the few works with experiments and technical tests, civil construction waste was tested and approved for use in paving, making alternative concrete and adobe. Furthermore, all articles emphasized that reuse can promote sustainability in the construction industry, bringing environmental, economic and social benefits, associated with reducing the amount of waste sent to landfills or vacant land, conserving natural resources and mitigating environmental impacts, corroborating SDG 12. However, for the reuse of CDW to become widely adopted, it is crucial to promote awareness, implement appropriate regulations and invest in technologies that facilitate the separation and recycling of waste.

KEY WORDS: recycling, reuse, sustainability, environmental impact, waste



7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

INTRODUÇÃO

No mundo, o setor da construção civil consome aproximadamente 40% das matérias-primas globais (Darko; Chan, 2016), emite cerca de 25% de dióxido de carbono (Mahpour, 2018) e gera cerca de 40% de resíduos (NASIR et al., 2017). No Brasil, em 2019, foram coletadas 8.278.775 toneladas de Resíduos de Construção Civil (RCC), sendo que apenas 10,22% foram destinados à reciclagem e o restante foram dispostos em aterros ou lixões (SINIR, 2019). Esse cenário evidencia uma gestão inadequada destes resíduos, desprezando o seu imenso potencial de aproveitamento, o qual pode contribuir para reduzir os impactos ambientais, além de gerar emprego e renda, em um dos principais setores econômicos do país.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010) (BRASIL, 2010), os resíduos da construção civil são “aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”. Segundo a resolução Conama 307/202, a reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação (BRASIL, 2002).

Pela predominância do padrão construtivo no Brasil, o maior percentual de material encontrado nos RCC é de argamassa (63%), em especial, argamassa de concreto utilizada na composição de estruturas, motivo pelo qual o material reciclável gerado em maior quantidade nas unidades de reciclagem de RCC é a bica ou brita corrida reciclada. A seguir temos: concreto e blocos (29%), orgânicos (1%) e outros (7%) (SINIR, 2015).

A resolução CONAMA 307/2002, definiu ainda que grandes geradores públicos e privados são obrigados a desenvolver e a implantar um plano de gestão de RCC, visando a sua reutilização, reciclagem ou outra destinação ambientalmente correta. Ademais, um novo paradigma surgiu nas últimas décadas, para adequadas a gestão dos resíduos ao desenvolvimento sustentável, a partir da economia circular. Segundo a Associação Internacional de Resíduos Sólidos, “é imperativo que o setor de resíduos assuma a responsabilidade de fornecedor de recursos e materiais recuperados da economia circular e associe-se a outros atores ao longo da cadeia de valor, trabalhando de forma persistente e proativa para promover a prevenção, redução e reutilização de resíduos” (ISWA, 2022). Neste sentido, é importante que a ciência esteja produzindo informações sobre como reinserir os resíduos na cadeia de economia circular. Portanto, saber quais as mais recentes contribuições da pesquisa no setor, para o Brasil é extremamente relevante.

OBJETIVO

Realizar uma revisão sistemática sobre o reaproveitamento de resíduos sólidos da construção e demolição no Brasil, em publicações científicas nacionais.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada a partir da seleção e análise de artigos por meio da base de dados do Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). A base da pesquisa se baseou no tipo Booleana e VII-017 na combinação dos seguintes termos de busca: (construção civil AND resíduos sólidos AND benefícios AND reaproveitamento OR reutilização OR reciclagem). Os filtros de busca foram: disponibilidade (periódicos revisados por pares e acesso aberto); tipo de recursos (artigos); idioma (português) e data de criação (últimos 5 anos – janeiro de 2018 - novembro 2023).

Para a seleção e exclusão dos artigos foram definidos os critérios de inclusão, exclusão e informação, e aplicados no protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) (Page et al. 2020). Como critério de inclusão, selecionar apenas os artigos cuja temática principal fosse o reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil no Brasil.

Como critério de exclusão, retirar artigos duplicados. Já os critérios de informação foram considerados o tipo de artigo (experimental, revisão bibliográfica, outros) e tipo de resíduos (piso, concreto, etc) e tipo de uso/aproveitamento (pavimentação, fundação, alvenaria, outros).

Para fundamentar as análises dos trabalhos científicos, foram utilizadas como base as legislações pertinentes como a Resolução CONAMA (2005) nº 307 que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da

construção civil, bem como a tipologia e classificação do resíduo. Ademais, realizou-se uma análise quanto à convergência dos projetos em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Nações Unidas do Brasil - 2023), especificamente ODS 12 - Consumo e Produção Sustentáveis - objetivo que busca assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis, incluindo a gestão sustentável dos resíduos.

RESULTADOS

A busca na base de dados selecionou 320 artigos. Após a leitura dos resumos e aplicação dos critérios de inclusão e de exclusão, foram selecionados 33 artigos relevantes ao tema, no entanto, apenas 13 apresentaram relevância com os “Critérios de Informação”. A figura 1 demonstra o fluxo de seleção dos artigos.

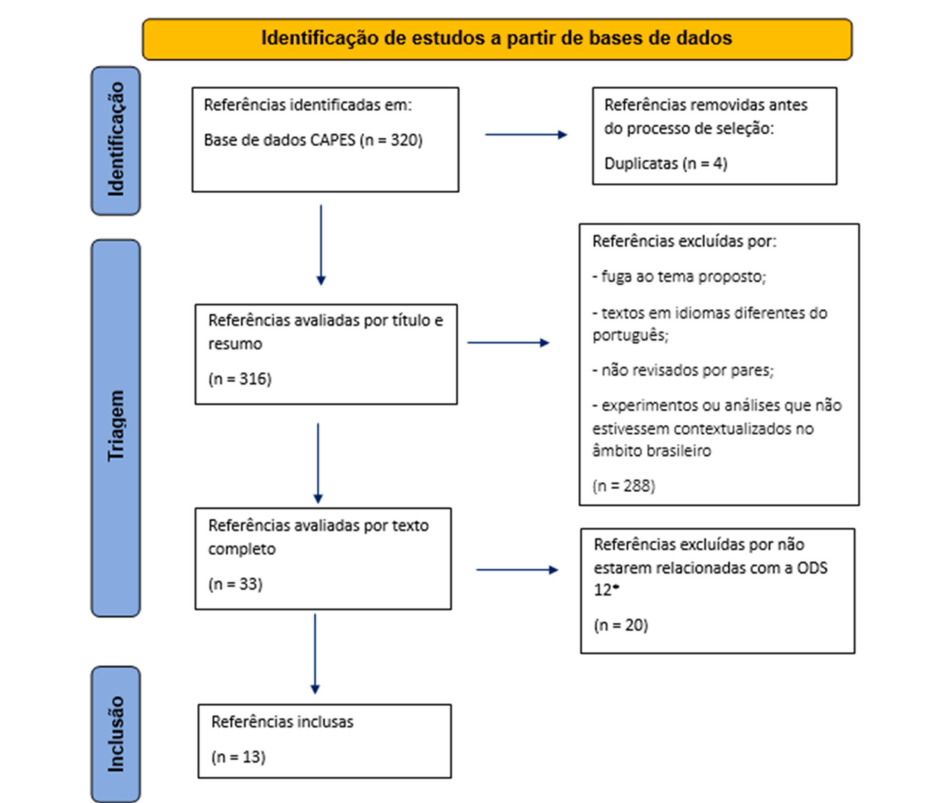


Figura 1. Fluxograma PRISMA 2020 para apresentação do processo de seleção dos estudos ao longo de uma revisão sistemática

Em 2018, houve três publicações e observou-se um aumento no número de publicações no ano de 2019, total de seis artigos de interesse. Porém, em 2020 não houve nenhuma publicação, provavelmente por consequência da pandemia COVID-19, que apresentou uma queda significativa na construção civil, impossibilitando estudos experimentais e na produção acadêmica. Em 2021 e 2022, foi publicado apenas um artigo em cada ano (Brasil ainda se encontrava em isolamento), e 2023 com apenas dois artigos.

O estado de São Paulo foi o que apresentou maior divulgação de pesquisas, com seis artigos no total, seguido do Rio de Janeiro com três publicações. Houve participação também dos estados do Ceará, Bahia e Amazonas (apenas um dos artigos teve a contribuição da Universidade de Assunção - Paraguai, concomitantes com a Universidade do Amazonas. Nove dos artigos estudados apresentaram dados quantitativos, com análises referentes às vantagens econômicas da substituição dos materiais comumente usados e os resíduos de construção e demolição (RCD) e, evidenciaram significativas reduções nos gastos de construção civil.

Apenas cinco fizeram análises experimentais com testes exploratórios em laboratórios disponibilizados pelas universidades residentes dos pesquisadores. A tabela 1 destaca os principais usos dos resíduos de construção e demolição dos artigos em que foram realizados experimentos.

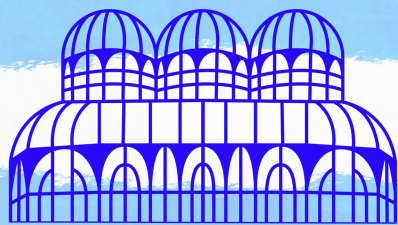


Tabela 1: Principais tipos de reaproveitamento e resultados de artigos selecionados, segundo o critério “realização de experimentos”

Artigo	Reaproveitamento	Principais resultados	Autores/Ano
Análise da utilização de RCD	Pavimentação	Os resultados laboratoriais mostram que têm a capacidade de substituição de agregados naturais usados na pavimentação por RCD, de acordo com padrões normativos da ABNT e DNIT.	Araújo et al. (2019)
Propriedades mecânicas e morfológicas ...	Concreto alternativo	Substituição parcial da areia por cerâmica vermelha apresentou propriedades satisfatórias, podendo ser aplicado para a produção de concreto alternativo.	Botosso et al. (2019)
Estudo das propriedades de blocos sextavados...	Pavimentação intertravada	Tecnicamente viável a incorporação de agregados miúdos reciclados a partir do beneficiamento de resíduos de concreto e cerâmico ao traço que incorpora a confecção de peças pré-moldadas para pavimentação intertravada.	Augusto Júnior et al. (2018)
Estudo da utilização da reciclagem...	Pavimentação	A melhor composição dos materiais quanto à maior resistência à tração por compressão diametral foi (80% de material fresado e 20% de pó de pedra, contendo adições de 5% de cimento e 5% de sílica da casca de arroz), superior a 1,15 MPa.	Klamt et al. (2018)
Resistência mecânica de tijolos adobe ...	Confecção de adobe	Testou-se a resistência mecânica de adobes produzidos com argamassa reciclável, resíduos de casca de ovo triturada e hidratados com diferentes dosagens de vinhaça e água. Os resíduos mostram ser uma alternativa promissora para fabricação de tijolos.	Rocha et al. (2021)

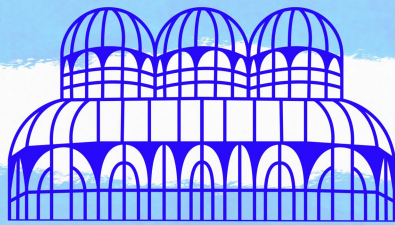
Em relação ao reaproveitamento de RCD, todos os 13 artigos especificam algumas áreas dentro da construção que poderiam ser feitas a reutilização de resíduos na fabricação de novos materiais de construção, como blocos de concreto ou painéis reciclados, também na reutilização de sobras de pisos e pavimentação das cidades e de rodovias. Alguns utilizaram também os RCD associados a resíduos agropecuários (casca de arroz, casca de ovo e vinhaça). Silva et al. (2020) mostraram que a cinza da casca de arroz apresentou características pozolânicas, o que permite sua utilização na confecção de vários materiais para uso na construção civil. No entanto, 06 artigos relataram que há necessidade de mais estudos sobre reutilização dos RCD, especialmente em materiais estruturais, devido à resistência exigida ser maior.

Dos 13 artigos, apenas um “Contribuições aos estudos sobre a aplicação do Resíduo de Construção e Demolição [RCD] na composição de camadas de pavimentos no Brasil”, abordou as desvantagens do reaproveitamento de RS (resíduos sólidos) da construção civil por apresentar inadequações na padronização granulométrica das porções, contudo, ressalva que mesmo não sendo padronizada ainda pode ser utilizada na composição de camadas de pavimento no Brasil.

CONCLUSÕES

Os artigos analisados no período de 2018-2023, destacaram a importância e o potencial positivo do reaproveitamento dos RCD, enfatizando que essa prática pode promover a sustentabilidade na indústria da construção civil, trazendo benefícios ambientais, econômicos e sociais, associados à redução da quantidade de resíduos destinados a aterros ou terrenos baldios, à conservação de recursos naturais e mitigação dos impactos ambientais, corroborando com a ODS 12. No entanto, para que o reaproveitamento dos RCD se torne amplamente adotado, é crucial promover a conscientização, implementar regulamentações adequadas, e investir em tecnologias que facilitem a separação e reciclagem de resíduos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

1. AUGUSTO JUNIOR, J. Estudo das Propriedades de Blocos Sextavados de Concreto para Pavimentação com Uso de Resíduos de Construção Civil. **Colloquium Exactarum**, Vol 9, n 2, 2018 p. 65 - 76.
2. BOTOSSO, L. N. et al. Propriedades mecânicas e morfológicas do concreto com substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha. **Colloquium Exactarum** ISSN: 2178-8332, v. 11, n. 1, p. 79-88, 16
3. BRASIL (2010). Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010.
4. BRASIL. CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303> Acesso em: 14 mar 2024
5. DA ROCHA, R. R. et al. Resistência mecânica de tijolos “adobe” reforçados com resíduos industriais. **Colloquium Exactarum**. 2021. p. 30-37.
6. DA SILVA, J. O. et al. Caracterização da cinza da casca de arroz visando aplicação na confecção de materiais alternativos para construção civil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 17-23, 2020.
7. DARKO, A.; CHAN, A.P.C. Critical analysis of green building research trend in construction journals. **Habitat International**, v. 57, p. 53-63, 2016.
8. DE ARAÚJO, C. B. C.; SANTOS, J. O.; DA COSTA AYRES, T. M. Análise da utilização de RCD em obras de pavimentação na cidade de Fortaleza. **Mix Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 65-72, 2019. Acesso em: 24 de mar 2024.
9. ISWA. **O futuro do setor de gestão de resíduos**: Tendências, oportunidades e desafios para a década (2021-2030). [Relatório], 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/o-futuro-do-setor-de-gestao-de-residuos/> Acesso em 01 mar 2024.
10. KLAMT, R. A. et al. Estudo da utilização da reciclagem de concreto asfáltico como camada de pavimento. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 539-553, 2018.
11. MAHPOUR, A. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. **Resources, conservation and recycling**, v. 134, p. 216-227, 2018.
12. NASIR, M. H. A. et al. Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 443-457, 2017.
13. PAGE, M. J. et al. (2021). **The PRISMA 2020 Statement**: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *The BMJ* 372.