



PANORAMA ATUAL DOS ESTUDOS SOBRE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Current Overview of the Reuse of Waste Research in Brazilian Building Construction

Laura Soranço

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | laura.soranco@estudante.ufjf.br

Sandilla Oliveira

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | sandilla.oliveira@estudante.ufjf.br

Renato Ribeiro

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | renato.correa@engenharia.ufjf.br

Mayara Carelli

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | mayara.carelli@estudante.ufjf.br

Maria Teresa Barbosa

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) | Juiz de Fora, Minas Gerais | teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br

Resumo

O objetivo deste estudo é identificar as pesquisas mais relevantes sobre o reaproveitamento de resíduos no Brasil entre 2018 e 2023, por meio de uma revisão abrangente da literatura. São abordados resíduos como rochas ornamentais, resíduos de construção e demolição (RCD), rejeitos de barragem, materiais como bambu, caroço de açaí, bagaço de cana, casca de arroz, EPS, fibra de coco, gesso, PVC, EVA, borracha de pneu, vidro, louça sanitária, lodo de estações de tratamento de água (ETA) e rejeitos de madeira. A pesquisa revela que a inclusão de resíduos vegetais em compósitos reduz o peso específico com melhorias nas propriedades mecânicas, enquanto a adição de polímeros frequentemente tem efeitos opostos. No contexto dos resíduos da construção, são observados resultados variados, mas em sua maioria contribuem para o aumento da resistência mecânica. Os resíduos estudados demonstram viabilidade significativa para reaproveitamento, resultando em diversos benefícios, otimização de custos e redução de impactos ambientais.

Palavras-chave: Reaproveitamento; Materiais sustentáveis; Resíduo sólido; Construção civil; Compósitos cimentícios.

ABSTRACT

The aim of this study is to identify the most relevant research on waste reuse in Brazil between 2018 and 2023 through a comprehensive literature review. Waste such as ornamental rocks, construction and demolition waste (RCD), dam waste, materials such as bamboo, açá seed, sugarcane bagasse, rice husks, EPS, coconut fiber, gypsum, PVC, EVA, rubber tires, glass, sanitary ware, sludge from water treatment plants (WTP), and wood waste. Research reveals that the inclusion of plant residues in composites reduces the specific weight while improving mechanical properties, while the addition of polymers often has the opposite effect. In the context of construction waste, varied results are observed, but most of them contribute to the increase in mechanical resistance. The residues studied demonstrate significant viability for reuse, resulting in several benefits, including cost optimization and a reduction of environmental impacts.

Keywords: Reuse; Sustainable materials; Solid waste; Civil Construction; Cementitious composites.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a UNEP-United Nations Environment Programme (2021) a construção civil é responsável por pelo menos 37% dos gases do efeito estufa, bem como é um dos setores que mais consome recursos naturais, demandando maior preocupação ambiental (MUNARO; TAVARES (2022). O Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (2021) menciona que os esforços brasileiros da indústria do cimento resultaram no posicionamento do país como de menor emissão de carbono (565 kg CO₂/ ton. cimento), uma redução em torno de 19% entre os anos de 1990 - 2020. Entretanto a média mundial é 12% superior à do Brasil, destacando-se a América do Norte e Oriente Médio com valores superiores, na ordem de 700 kg CO₂/ ton. cimento.

Ghaffar, Burman e Braimah (2020) mencionam que além do elevado consumo de matéria-prima pelo setor construção civil, são gerados cerca de 35% de resíduos em aterros urbanos, bem como os oriundos de outros setores. Sendo assim, pesquisas que visam mitigar os danos ambientais decorrentes do descarte de rejeitos industriais resultando em produtos inovadores são crescentes, possibilitando a redução do custo do material e contribuindo para o desenvolvimento sustentável (BACARJI *et al.* (2019)).

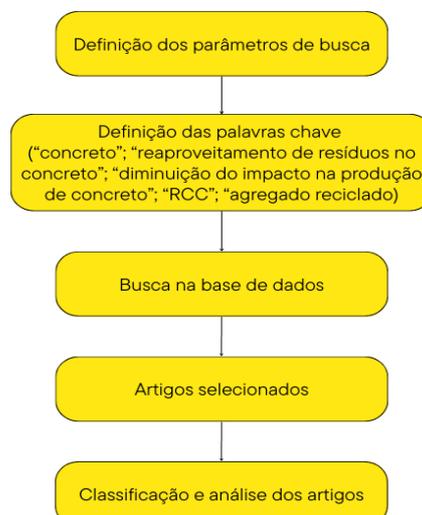
Diante do exposto, constata-se que esse avanço tecnológico, têm possibilitado inovações para os materiais de construção, com características sustentáveis e, muitas vezes, denominadas ecoeficientes, já que suas propriedades são aprimoradas quando comparado com os tradicionais, além de garantir um consumo consciente. Santos e Pinheiro (2021) afirmam que o reaproveitamento de resíduos sólidos passa a ser um material especial vinculado à inovação na construção civil.

Assim, esse trabalho tem como objetivo realizar um levantamento acerca do reaproveitamento de resíduos de diferentes setores industriais que propiciaram produtos inovadores através de um levantamento das pesquisas desenvolvidas no território brasileiro no período compreendido entre os anos de 2018-2023. Apresenta-se, ainda, as propriedades específicas do novo material de forma a contribuir para novas pesquisas nas diferentes regiões brasileiras e possibilitar se, possível, um trabalho em rede entre as instituições e grupos de pesquisa.

2 METODOLOGIA

A revisão de literatura apresentada no trabalho foi desenvolvida entre os meses de fevereiro e abril de 2023, utilizando as bases de dados EduCAPES, Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online – Scielo. Para a busca, utilizaram-se os descritores “concreto”; “reaproveitamento de resíduos no concreto”; “diminuição do impacto na produção de concreto”; “RCC”; “agregado reciclado”. Dentre os resultados encontrados, foram priorizados trabalhos publicados no Brasil entre os anos de 2018 a 2023 e considerando artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses. A seleção foi feita através da leitura dos títulos para a exclusão dos trabalhos repetidos e, após, leitura dos resumos, de modo a construir uma base de dados consistente com o tema aqui abordado. No total, foram analisados 218 trabalhos e após aplicar os critérios de seleção, a pesquisa foi desenvolvida considerando 176 trabalhos. A pesquisa foi desenvolvida conforme Figura 1:

Figura 1: fluxograma



Fonte: Os autores.

Em suma, este trabalho é caracterizado como uma revisão teórica de literatura, sendo desenvolvido a partir de estudos já existentes, aplicando o método dedutivo em sua análise deles, a saber:

- resíduos incorporados em misturas cimentícias no Brasil;
- propriedades dos resíduos que influenciam nas características das misturas cimentícias.

Tais questões ajudam a responder a hipótese aqui desenvolvida: qual a relação da incorporação de resíduos em materiais cimentícios e seu impacto nas estruturas?

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo, analisou-se o reaproveitamento de 17 materiais diferentes, a saber: RCD, rochas ornamentais, rejeito de barragem, bambu, caroço de açaí, bagaço de cana, casca de arroz, EPS (isopor), fibra de coco, gesso, PVC, EVA, borracha pneu, vidro, louça sanitária, lodo de ETA (estação de tratamento de água) e rejeito de madeira. Os principais resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Pesquisas de reaproveitamento de rejeito realizadas no território brasileiro no período 2018-2023.

ORIGEM	RESÍDUO	EMPREGO	RESULTADO DA ADIÇÃO NO CONCRETO	QUANTITATIVO
Vegetal	Bambu	Fibra natural	Redução do peso específico; aumento na resistência à tração	17
	Cinza do caroço de açaí	Pozolana	Aumento da resistência à compressão; aumento da absorção de água	9
	Cinza do bagaço de cana	Pozolana	Redução do peso específico; aumento na resistência à compressão; aumento na absorção de água	9
	Cinza da casca de arroz	Pozolana	Redução na absorção de água; aumento do módulo de rigidez à flexão; aumento dos limites de deformação	31
	Fibra de coco	Fibra natural	Redução na densidade; aumento na absorção de água; aumento da resistência à tração	5
	Rejeito de madeira	Fibra natural	Aumento da resistência à tração e compressão; perda da trabalhabilidade; redução da densidade	7
Plástico	EPS	Agregado	Diminuição da resistência mecânica; redução da densidade; aumento da transmitância térmica	18
	PVC	Agregado	Redução da densidade; aumento da absorção de água; redução das propriedades mecânicas do concreto	3
	EVA	Agregado	Maior plasticidade no estado fresco; redução do módulo de deformação; diminuição da resistência à compressão; aumento da porosidade	4
	Borracha pneu	Agregado	Redução das resistências; diminuição da absorção por capilaridade; aumento da absorção por imersão	22
Construção	Louças sanitárias	Agregado	Aumento da resistência; diminuição da porosidade	1
	RCD	Agregado	Aumento da resistência; aumento da durabilidade; melhora na aderência superficial	18
	Vidro	Agregado miúdo	Redução da compressão e aumento na absorção de água	1
	Gesso	Agregado	Aumenta a resistência à compressão e à flexão.	7
	Rocha ornamental	Agregado	Diminuição da resistência à compressão; aumento da absorção de água	6
	Barragem	Agregado miúdo	Aumenta a resistência à ruptura transversal; reduz a porosidade	4
	Eta	Lodo	Pozolana	Aumento na porosidade e absorção; redução do peso específico e resistência à compressão

Fonte: Os autores.

Analisando os resultados obtidos na Tabela 1, observa-se que a incorporação de resíduos na produção de concreto, em grande parte, acarreta ganhos nas propriedades mecânicas, como no caso de: fibra de bambu, cinza da casca de arroz, cinza do bagaço de cana, cinza do açaí, fibra de coco, rejeito de madeira, louça sanitária, RCD, gesso, rejeito de barragem e resíduo de ETA. Porém, tal melhora não ocorre, na mesma proporção para: EPS, EVA, PVC, borracha pneu, vidro, rocha ornamental; de modo que ao analisar o impacto ambiental da reutilização de resíduos seu uso é compensatório, apresentando limitações aos seu emprego, como por exemplo, evitando-se o uso em concreto estrutural.

Ademais, de acordo com os autores Cordeiro *et al.* (2019), Araújo *et al.* (2021), Moura *et al.* (2021) e Ferreira *et al.* (2022) é possível determinar que os materiais pozolânicos, cinza da casca de arroz, cinza do bagaço de cana, cinza do caroço de açaí e lodo de ETA, têm a capacidade de resistir ao hidróxido de cálcio, apresentando propriedades cimentícias. No entanto, ao utilizar cinzas como pozolana natural, observa-se um

comportamento inconsistente em relação à porosidade do material resultante. Quando tratamos de cinzas provenientes do caroço de açaí e bagaço de cana ocorre um aumento da porosidade devido a partículas grosseiras e irregulares de material não queimado (Moura *et al.*, 2021). Por outro lado, em estudos das cinzas da casca de arroz nota-se uma diminuição na porosidade, resultado esperado ao se trabalhar com materiais pozolânicos.

A análise dos estudos realizados por Carvalho *et al.* (2021), Marvila *et al.* (2021) e Santiago *et al.* (2019), indicam que o uso de resíduos de bambu, fibra de coco e rejeitos de madeira proporcionam benefícios para a produção de materiais compósitos, quando utilizados como fibra natural. Esses apresentam uma redução significativa da densidade e peso específico do concreto, além de causarem um considerável aumento na resistência à tração, devido a resistência mecânica dos próprios resíduos, que irão funcionar como reforço nos compósitos poliméricos.

Já ao analisar os agregados (EPS, PVC, EVA, borracha pneu, louça sanitária, RCD, vidro, gesso, rocha ornamental, rejeito de barragem), com os estudos de: Silva, *et al.* (2023), Batista *et al.* (2018), Ribeiro *et al.* (2020), Moreno *et al.* (2020), Lopes *et al.* (2021), Viana Neto *et al.* (2022), Cruz *et al.* (2022) e Matos *et al.* (2022), os resultados obtidos, descritos na tabela 1, revelaram uma variabilidade considerável na resistência mecânica, atribuída às características intrínsecas de cada material. Sendo que a maioria dos materiais investigados promoveram uma redução significativa da densidade, sendo eles: EPS, PVC, EVA, borracha pneu, louça sanitária, RCD e gesso.

Ao analisar os agregados plásticos (EPS, PVC, EVA, borracha pneu) é possível observar semelhanças, os 4 materiais apresentados, além de apresentar redução de densidade como dito anteriormente, também apresentam redução de resistência mecânica. Tal redução está ligada a perda de densidade do material, pois, como afirma Ribeiro *et al.* (2020), a resistência se relaciona com a porosidade da matriz do material, quanto mais poroso menor será a sua resistência mecânica, situação que ocorre nos materiais estudados. A mesma situação ocorre com o resíduo de louça sanitária, que apresenta diminuição da porosidade e aumento da resistência à compressão (ALMEIDA *et al.*, 2019). O resíduo de gesso também apresenta melhora na resistência à compressão, assim como à flexão, porém uma característica da adição deste material é o aumento da fluidez da argamassa, afetando sua trabalhabilidade (CRUZ *et al.*, 2022).

Alguns materiais apresentam características distintas, dificultando a análise com os demais, sendo eles: RCD, vidro, rocha ornamental e rejeito de barragem.

O uso de RCD como agregado é viável quando se é realizada uma substituição parcial dos agregados, apresentando resultados satisfatórios com uma substituição de 15% do agregado natural. Quando se trata de massa unitária e absorção é observado resultados distintos quando se compara com o agregado convencional. Porém, com as proporções corretas, o material final apresenta uma resistência semelhante ao convencional, comprovando sua capacidade de uso na engenharia.

Analizando a adição de vidro em compósitos cimentícios pode ser concluído que a mistura adquire ganhos significativos, de acordo com Oliveira *et al.* (2019) a adição de vidro resulta na redução da absorção de água e aumento da resistência mecânica e massa específica, entretanto, tais resultados apenas ocorrem para misturas com menos do que 20% de vidro, caso contrário ocorre maior formação de fase líquida no material, aumentando o volume. Ação confirmada por Moreira *et al.* (2020), que em seu estudo conclui que o resíduo de vidro ocasiona um menor teor de ar incorporado.

Quando se trata do uso de resíduo de rocha ornamental quanto maior o teor de resíduo utilizado, maior será a absorção de água, tendo uma menor resistência à compressão (Teixeira *et al.*, 2020). Ademais, de acordo com o estudo de Teixeira *et al.* (2021), ao se realizar a substituição de até 7,5% de cimento por resíduo de rocha ornamental tem-se como resultado um material com desempenho análogo ao concreto de referência, possibilitando seu uso na engenharia civil.

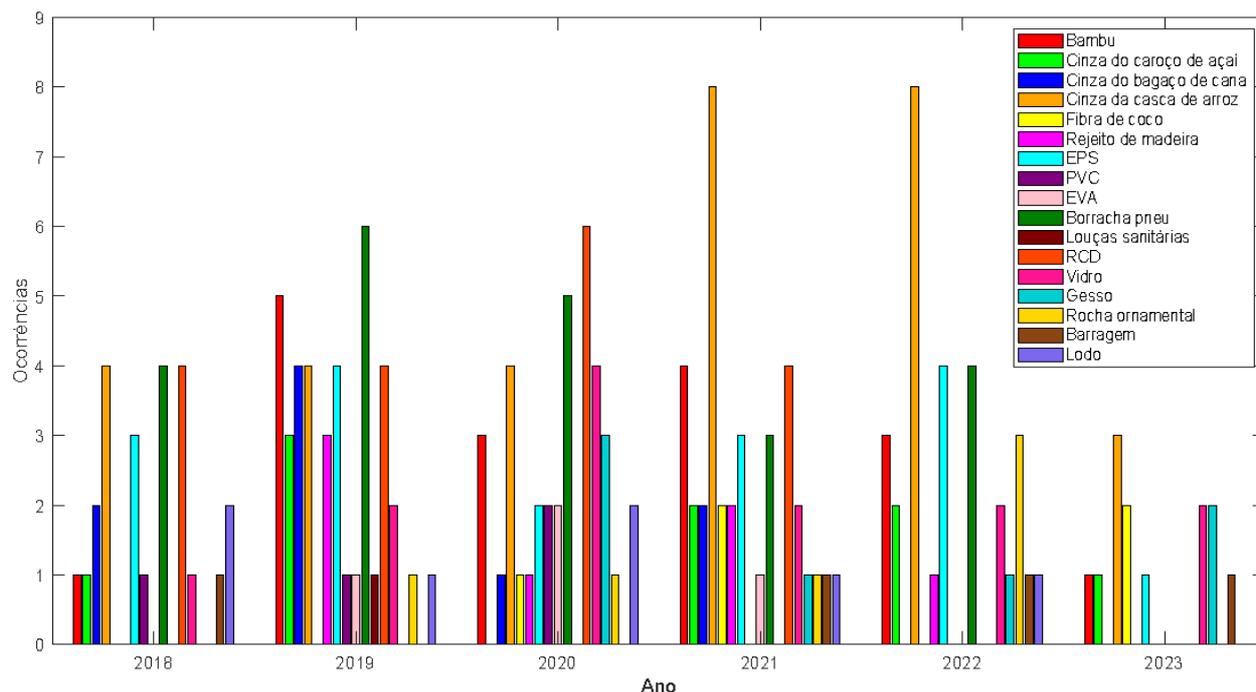
No que se refere aos resíduos de barragem e seus potenciais aplicações, emerge um debate significativo acerca da importância atribuída à análise e aos testes relacionados à suscetibilidade da reação álcali-silica em composições específicas de materiais constituintes. De acordo com as observações do estudo de Silva *et al.* (2023) o emprego do minério de ferro em pastas e argamassas em substituição ao cimento Portland revela propriedades físico-mecânicas que exibem resistência à compressão semelhante entre si e aquela encontrada em cimentos álcali-ativados.

Cada resíduo analisado apresenta um potencial notável para ser aplicado de forma específica. Ao examinar a Tabela 1, é evidente que há uma variação considerável nos estudos realizados para cada resíduo. Alguns

materiais têm sido extensivamente pesquisados, por outro lado, outros estão em estágios iniciais. No entanto, esses resíduos apresentam resultados promissores, indicando um avanço nas investigações futuras desses materiais.

A partir do Gráfico 1, é possível determinar que os materiais que já apresentam estudos tendem a continuar a serem estudados, de forma que cada pesquisador aprofunda mais o tema e comprovam suas teorias. Além disso, também é observado que os materiais mais estudados são os que apresentam mais fácil acesso e são encontrados na maior parte do país.

Gráfico 1: Relação entre ocorrências e tipo de resíduo



Fonte: Os autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos sólidos quando dispostos de formas irregulares causam danos ao meio ambiente, ao solo e ao homem. Este fato, aliado a polêmica ambiental gerou discussões em vários âmbitos e com o intuito de uma melhora significativa nesta problemática, uma das soluções mitigantes é sua reciclagem.

Com este trabalho foi possível analisar a possibilidade de implementar resíduos sólidos em compósitos de cimento sem comprometer a segurança do material e proporcionando, muitas vezes, ganhos nas propriedades mecânicas e físicas do material.

A partir dos dados obtidos, observou-se que o reaproveitamento de resíduos na construção civil é um campo de pesquisa benéfico ao desenvolvimento sustentável e em constante aprimoramento tornando-se adequado aos diferentes resíduos produzidos no território brasileiro. Finalmente, a reutilização de diversos resíduos não traz melhorias apenas para reverter o caso da escassez de materiais e os danos ambientais, mas também, uma forma eficiente e eficaz de fortalecer o desenvolvimento sustentável no país.

5 AGRADECIMENTOS

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
 CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
 UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

6 REFERÊNCIAS

- ALBERTE, *et al.* Estado do conhecimento acerca de especificações técnicas e normativas para agregados reciclados de RCD. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 305-320, 2021. DOI: 10.1590/s1678-86212021000300553.
- ALMEIDA *et al.* Properties of concrete manufactured with use of ceramic sanitary ware waste as aggregate. **Revista Matéria**, v. 24, n. 2, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1375>.
- ARAÚJO *et al.* Poder de mitigação da cinza de casca de arroz ao ataque por sulfatos em argamassas confeccionadas com resíduos de scheelita. **Revista Matéria**, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13046>.
- BATISTA *et al.* Estudo da utilização do pvc como constituinte de concreto reciclado. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 11, n. 1, p. 39–46, 2018. Doi: <https://doi.org/10.21727/teccen.v11i1.1303>.
- CARVALHO *et al.* Estudo da utilização do bambu na composição do concreto. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 1, p. 12134–13e, 2021. Doi: <https://doi.org/10.18540/jcecvl7iss1pp12134-01-13e>
- CORDEIRO *et al.* Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 45-55, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000100292>.
- CRUZ *et al.* Microstructural and mineralogical compositions of metakaolin-lime-recycled gypsum plaster ternary systems. **Journal of Building Engineering**, v. 47, p. 103770, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103770>
- FERREIRA *et al.* Emprego Do Lodo de Uma Estação de Tratamento de Água Beneficiado Como Material Suplementar Ao Cimento Portland. **Engenharia Sanitaria E Ambiental**, v. 27, 2022, pp. 653–661. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210035>.
- GHAFFAR, S. H.; BURMAN, M.; BRAIMAH, N. Pathways to circular construction: an integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118710, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118710>.
- LOPES *et al.* Partial replacement of Portland cement with industrial glass waste in mortars. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 14, n. 2, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952021000200014>.
- MARVILA *et al.* Use of natural vegetable fibers in cementitious composites: Concepts and applications. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 6, p. 1-24, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00551-8>.
- MATOS *et al.* Alkali-reactivity of Pernambuco east shear zone coarse concrete aggregates: An experimental discussion. **Construction and Building Materials**, 344, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128239>
- MOREIRA *et al.* Análise do desempenho mecânico de concretos e argamassas mediante a substituição parcial da massa do agregado miúdo (areia) por vidro moído oriundo de garrafas de cerveja long neck. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 6, 2020. Doi: <https://doi.org/10.18227/rct.v6i0.5942>.
- MORENO *et al.* Compatibilization of recycled rubber aggregate in mortar. **Materials and Structures/Materiaux et Constructions**, v. 53 n.2, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1617/s11527-020-1456-4>.
- MOURA *et al.* Caracterização e uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em tijolos de solo-cimento. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 69–80, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100494>.
- MUNARO *et al.* Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. **Ambiente Construído**. 2022, 22 (2). Doi: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000200597>.
- OLIVEIRA *et al.* Produção de Agregado Sintético de Argila Com Reaproveitamento de Resíduo de Vidro. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, vol. 24, no. 1, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190001.0653>
- RIBEIRO *et al.* Incorporação de resíduos de etileno acetato de vinila na produção de blocos intertravados de concreto para pavimentação. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1155>.
- RICHETTI *et al.* Production of Granilite Concrete Plates with Recycled Aggregates and Ornamental Rock Processing Sludge. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, vol. 27, 6 July 2022, p. e20220078. Doi: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-rmat-2022-0078>.
- SANTIAGO *et al.* Influência da composição granulométrica das partículas de resíduos de madeira nas propriedades de compósitos minerais: parte 1 - cimento-madeira. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 113–126, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300328>
- SANTOS *et al.* Aplicação de novos materiais combinados para a construção civil: um estudo de caso no bairro mutirão em Manaus/AM. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 11, p. 108704-108718, 2021. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-478>.
- SILVA, K *et al.* Desenvolvimento de argamassas álcali ativadas a partir de rejeito de barragem de minério de ferro. **IBRACON Structures and Materials Journal**, v.16, n.5, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952023000500006>
- SILVA, M; *et al.* Potencial uso de pérolas de EPS em argamassas para a produção de placas cimentícias. **Revista Matéria**, v. 27, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1394>

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - RELATÓRIO ANUAL. (2020-2021). Disponível em: [rel_anual_2021.pdf](#). Acesso em: 20 maio 2023

TEIXEIRA *et al.* Avaliação de propriedades relacionadas à penetração de cloretos em concretos produzidos com substituição parcial de cimento por resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, p. e13029, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13029>.

TEIXEIRA *et al.* Use of ornamental rock waste as a partial substitute for binder in the production of structural concrete. **IBRACON Structures and Materials Journal**, [s. l.], v. 13, ed. 3, p. 501-514, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952020000300004>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP 2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector (Nairobi: UNEP) p 15. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/2021-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 18 maio 2023.

VIANA NETO, *et al.* Efeitos da variabilidade de agregados de RCD sobre o desempenho mecânico do concreto de cimento Portland. **Revista Matéria**, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0294>.