



Matriz cimentícia confeccionada com resíduo de vidro processado *Cementitious matrix made with processed glass waste*

Camila Emanuely da Silva Matias¹, Giuliene Pereira Lopes², Sâmea Valensca Alves Barros^{3,*}

¹ Aluna de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Angicos, RN, Brasil

² Aluna de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Angicos, RN, Brasil

³ Professora do Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró, RN, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: sameavalensca@ufersa.edu.br

Received: 10 May 2025 | Accepted: 22 June 2025 | Published online: 03 August 2025

Resumo: A investigação da viabilidade técnica de transformar resíduos de vidro em matéria prima para produção de argamassas alternativas corrobora com a prática do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável de número 12 (ODS 12). Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso de resíduos de vidro coletados no município de Mossoró/RN na resistência à compressão simples de argamassas de complementação de alvenaria, assim como também em seu comportamento diante o ensaio de absorção de água. Os procedimentos metodológicos para o beneficiamento do resíduo utilizado consistiram no uso das técnicas de moagem e peneiramento. A confecção das argamassas alternativas aconteceu utilizando moldes cilíndricos com dimensões (50 X 100) mm com teores de substituição parcial ao cimento *Portland* de 10% e 15%. A resistência à compressão simples foi determinada seguindo os procedimentos prescritos na NBR 7215 (ABNT, 2019) e a absorção de água conforme NBR 9778 (ABNT, 2005). Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade técnica quanto aos parâmetros determinados nesta pesquisa. E que o aumento do teor de substituição do cimento *Portland* por resíduos de vidro beneficiado resultou em menor absorção de água, que corresponde uma característica importante para a durabilidade das argamassas propostas aos ataques químicos ambientais, embora não tenha resultado em ganho de resistência à compressão simples, os valores ficaram dentro dos valores permitidos para uso em argamassa de complementação de alvenaria conforme a NBR 13281-2 (ABNT, 2023).

Palavras-chave: argamassas alternativas; sustentabilidade da indústria da AEC; produção sustentável; ODS; desempenho técnico.

Abstract: The investigation into the technical feasibility of transforming glass waste into raw material for the production of alternative mortars corroborates the practice of Sustainable Development Goal number 12 (SDG 12). Thus, this study aimed to evaluate the influence of the use of glass waste collected in the municipality of Mossoró/RN on the simple compression resistance of masonry mortars, as well as on their behavior in the water absorption test. The methodological procedures for processing the waste used consisted of the use of grinding and sieving techniques. The preparation of alternative mortars was carried out using cylindrical molds with dimensions (50 X 100) mm with partial replacement levels of Portland cement of 10% and 15%. The simple compressive strength was determined following the procedures prescribed in NBR 7215 (ABNT, 2019) and water absorption according to NBR 9778 (ABNT, 2005). The results obtained demonstrated the technical feasibility of the parameters determined in this research. And that the increase in the replacement content of Portland cement with processed glass waste resulted in lower water absorption, which corresponds to an important characteristic for the durability of the proposed mortars against environmental chemical attacks, although it did not result in a gain in simple compression resistance, the values were within the values permitted for use in masonry completion mortar according to NBR 13281-2 (ABNT, 2023).

Keywords: alternative mortars; AEC industry Sustainability; sustainable production; SDGs; technical performance.

1 Introdução

O consumo e a produção não sustentáveis que vem ocorrendo ao longo das últimas décadas no Brasil e no mundo tem contribuído para as mudanças climáticas ocorridas, passando a desencadear, principalmente entre os países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU), preocupação com o meio ambiente e necessidade de mudança no padrão produtivo e de consumo dos setores econômicos destes países.

Nesta perspectiva, Li et al. (2022) enfatizam que a utilização de resíduos sólidos como matéria-prima alternativa para produção de materiais ecologicamente corretos se tornou uma meta da construção civil, um dos setores econômicos que mais cresce no Brasil e apresenta capacidade para absorver estes resíduos após beneficiados no seu processo produtivo.

Oliveira et al. (2020) destacam, ainda, que diante deste cenário o setor da construção civil tem a responsabilidade de encontrar um equilíbrio entre eficiência produtiva e a implementação de ações que promovam o desenvolvimento sustentável, reduzindo os impactos ambientais negativos que causa ao meio ambiente e se adequando aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Para adequação da construção civil aos padrões de sustentabilidade e alcance dos ODS, as principais ações adotadas pelo setor são voltadas para promover o consumo e a produção sustentável, meta do ODS 12, conforme destacam Oliveira e Barros (2024). A produção sustentável nos últimos anos na construção civil vem acontecendo fazendo uso de matérias-primas alternativas, promovendo a gestão adequada dos resíduos sólidos e diminuindo o consumo dos recursos naturais à medida que estes ao passarem por processos de beneficiamento são usados na produção de matrizes cimentícias (Medeiros e Barros, 2025).

Dos Santos et al. (2017) destacam como matrizes cimentícias, principalmente, argamassas e concretos que são materiais compostos por aglomerantes, agregados e água. Neste cenário, várias pesquisas são desenvolvidas para investigar o uso de resíduos de vidro beneficiados na granulometria de pó em substituição parcial ao cimento *Portland* na produção de concretos e argamassas. Pois, segundo Jiang et al. (2022) a incorporação do resíduo vidro moído proporciona a matriz cimentícia uma excelente resistência a altas temperaturas, que favorece o preenchimento dos poros e uma maior densidade dela, resultando em uma melhoria na resistência mecânica da argamassa.

Assim como, há pesquisas a exemplo de Trentin et al. (2020) que investigaram a substituição parcial do agregado miúdo em argamassas de revestimento por resíduo de vidro moído, obtendo resultados satisfatórios para resistência à compressão simples enquanto para absorção de água por capilaridade não foram adequados para este tipo de argamassa.

Harrison et al. (2020) definem o vidro como material comum confeccionado de recursos naturais, como a areia de sílica; sódio; cálcio; magnésio; alumina e potássio, estes para se tornarem vidro passam por vários processos como mistura; fusão; conformação e recozimento.

O vidro é utilizado na fabricação de diversas embalagens e quando estas se tornam resíduos vão parar nos aterros sanitários ocupando muito espaço e como são materiais não biodegradável devem passar por processos de beneficiamento para serem inseridos em outras cadeias produtivas, e não ocupar um espaço valioso dos aterros sanitários (Harrison et al., 2020). À medida que, de acordo com a Abividro (2024), 1,3 milhões de toneladas de vidro são produzidas anualmente no Brasil e apenas cerca de 11% são recicladas.

Segundo, Hussein (2023) o resíduo de vidro muitas vezes é descartado inadequadamente no meio ambiente e pode passar a ter valor econômico ao ser processado para uso em outras cadeias produtivas pois a composição mineralógica destes resíduos é rica em sílica na forma não cristalina. Ademais, a incorporação de resíduos de vidro em matrizes cimentícias reduz o consumo de cimento, resultando na diminuição da exploração de jazidas de calcário e argila, uma vez que a produção de clínquer, componente do cimento, envolve a mistura dessas duas matérias-primas (Santos, 2016).

Morais et al. (2022) reforçam a colocação de Santos (2016) destacando que o resíduo de vidro, por ser um material inorgânico amorfo, que tem como principal componente o óxido de silício (SiO_2) possui características físicas e químicas que o tornam adequado para substituição parcial ao cimento *Portland* em matrizes cimentícias. De Oliveira Neto et al. (2022) e Araújo et al. (2021) corroboram com Moraes et al. (2022) ao reiterarem que a substituição parcial do cimento *Portland* tem que ocorrer por um material natural ou alternativo que apresente atividade pozzolânica.

Outro fator que faz com que o resíduo de vidro beneficiado na granulometria de material pulverulento é a contribuição para redução da emissão de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, por reduzir o consumo de cimento *Portland* cuja produção é responsável por emitir de 5% a 7% de CO_2 na atmosfera, que leva ao aumento da temperatura do planeta porque eleva a quantidade de efeito estufa na atmosfera (Kabay et al., 2021).

Logo, Lopes et al. (2022) reforçam que a indústria da construção civil apresenta grande potencial para absorver o uso do resíduo de vidro processado conferindo a estes resíduos sólidos um valor agregado e uma destinação adequada. Contribuindo com a aplicação do ODS 12, pois segundo Sant Ana et al. (2023) os resíduos de o vidro levam cerca de 5 mil anos para se decomporem na natureza, ainda assim, são 100% recicláveis, pois não perdem suas características.

Neste cenário, a presente investigação teve como objetivo avaliar a resistência à compressão simples e a absorção de água de argamassas alternativas confeccionadas com resíduos de vidro processados através dos processos de moagem e peneiramento em substituição parcial ao cimento *Portland*, ampliando a literatura atual que não verifica esta aplicação voltada para argamassa de fixação horizontal de alvenaria, que corresponde a um tipo de argamassa que necessita alcançar menor resistência à compressão simples.

2 Materiais e métodos

2.1 Materiais

Os materiais convencionais utilizados nesta pesquisa foram: cimento *Portland* CP V ARI MAX e areia comercial (comercializada na região). Enquanto, o material alternativo foi garrafas de vidro tipo “long neck” coletadas no interior do Rio Grande do Norte.

2.2 Métodos

2.2.1 Beneficiamento dos resíduos de vidro

As garrafas de vidro descartadas inadequadamente (resíduos de vidro) no interior do Rio Grande do Norte, após coleta foram lavadas e secas, posteriormente, tiveram sua granulometria modificada em moinho de bolas no Laboratório do curso de Edificações do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Mossoró/RN.

O material resultante da moagem foi passado em peneira de abertura nº 200 da ABNT, separou-se 5g para realização da caracterização química e 5g para caracterização mineralógica no Laboratório de Tecnologia dos Materiais (LTM) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande/PB.

O pó resultante do beneficiamento das garrafas de vidro tipo “long neck” foi utilizado em substituição parcial ao cimento *Portland* nas proporções de 10% e 15% na confecção de argamassas no traço 1:3.

2.2.2 Caracterização química e mineralógica do resíduo de vidro beneficiado

A composição química do pó de vidro foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), usando o equipamento da Shimadzu EDX-720 para obtenção dos óxidos presentes na composição das amostras. Enquanto, a caracterização mineralógica ocorreu utilizando a técnica de difração de raios X (DRX) no Difrátometro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40kV, corrente de 30mA, modo de escaneamento por passos (fixed time scan), com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6s, com ângulo 2θ percorrido de 5° a 60°. Vale salientar que estas caracterizações ocorreram no LTM da UFCG.

2.2.3 Preparação das argamassas

Foram moldados corpos de prova (CP's) cilíndricos nas dimensões (50 x100) mm no traço 1:3, conforme as prescrições da NBR 7215 (ABNT, 2019). Os teores de substituição parcial ao cimento *Portland* por pó de vidro foram: 0% (referência), 10% e 15%.

A quantidade de água foi determinada para uma consistência padrão (260 ± 10) mm, para garantir uma boa trabalhabilidade, à medida que o uso que se pretende conceder a argamassa proposta necessita que a mesma apresente facilidade de ser misturada, transportada, aplicada, compactada e acabada.

Após, a moldagem os CP's foram curados por 28 e 90 dias, em cura úmida para só então serem submetidos aos ensaios de determinação da resistência à compressão simples (RCS) e absorção de água na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Angicos.

2.2.4 Determinação da resistência à compressão simples (RCS)

A resistência à compressão simples (RCS) das argamassas propostas foi obtida conforme a norma da NBR 7215 (ABNT, 2019), utilizando a Máquina Universal EMIC SSH300.

2.2.5 Determinação da absorção de água

A absorção de água das argamassas propostas foi determinada conforme o procedimento metodológico descrito na norma NBR 9778 (ABNT, 2005), que envolve a imersão dos corpos de prova em água por um período determinado e a medição da variação de massa.

3 Resultados e discussões

3.1 Caracterização química e mineralógica do resíduo de vidro

A Tabela 1 apresenta a composição química do pó de vidro obtido através dos processos de moagem e peneiramento das garrafas de vidro tipo “long neck”.

Tabela 1. Composição química do pó de vidro estudado.

| Óxidos | Porcentagem (%) |
|--------------------------------|-----------------|
| SiO ₂ | 72,19 |
| CaO | 13,50 |
| Na ₂ O | 6,56 |
| Al ₂ O ₃ | 3,42 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,52 |
| SO ₃ | 0,18 |
| Outros | 1,63 |

Verifica-se na Tabela 1 que ocorre na composição do pó de vidro estudado a predominância de SiO₂ (72,19%) e de CaO (13,50%). Estes resultados se assemelham aos encontrados por Harrison et al. (2020) e Santos et al. (2024).

Ao analisar a composição química apresentada na Tabela 1 e comparar com os requisitos químicos da NBR 12653 (ABNT, 2014) apresentados na Tabela 2 (abaixo), percebe-se que a soma de SiO₂ com Al₂O₃ e Fe₂O₃ do pó de vidro foi maior que 70% (78,13%) e teor de anidrido sulfúrico (SO₃) foi menor que 4% (0,18%).

Tabela 2. Requisitos químicos para classificação dos materiais em materiais pozolânicos. Fonte: Adaptado da NBR 12653 (2014).

| Propriedades | Classe de material pozolânico | | | Método de ensaio |
|--|-------------------------------|-------|-------|------------------|
| | N | C | E | |
| SiO ₂ +AlO ₃ +Fe ₂ O ₃ | ≥ 70 | ≥ 70 | ≥ 50 | ABNT NBR NM 22 |
| SO ₃ | ≤ 4 | ≤ 5 | ≤ 5 | ABNT NBR NM 16 |
| Teor de umidade | ≤ 3 | ≤ 3 | ≤ 3 | ABNT NBR NM 24 |
| Perda ao fogo | ≤ 10 | ≤ 6 | ≤ 6 | ABNT NBR NM 18 |
| Álcalis disponíveis em | ≤ 1,5 | ≤ 1,5 | ≤ 1,5 | ABNT NBR NM 25 |

(*) Os métodos de ensaios devem ser adaptados, substituindo-se o cimento *Portland* pelo material pozolânico.

Os resultados obtidos na caracterização química e a análise deles conforme os critérios descritos na Tabela 2 permitem a classificação do resíduo estudado como material com propriedades pozolânicas, corroborando com os resultados da caracterização mineralógica (Figura 1).

A Figura 1 apresenta o difratograma do pó de vidro obtido através dos processos de moagem e peneiramento das garrafas de vidro tipo “long neck”.

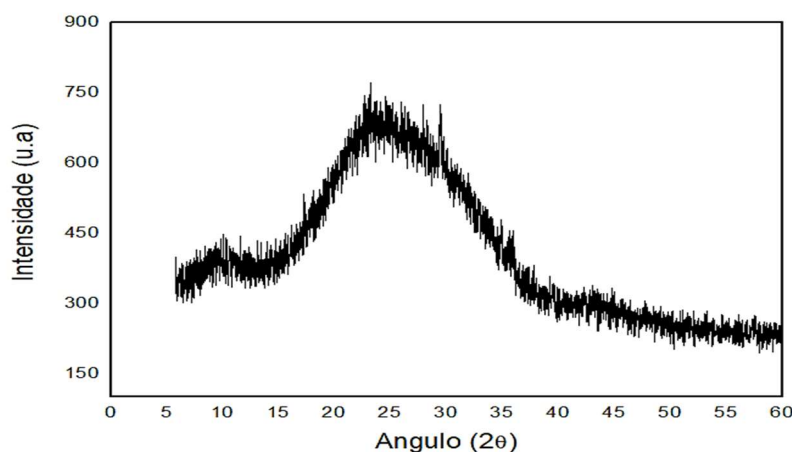


Figura 1. Difratograma de raios X do pó de vidro.

O difratograma mostrado na Figura 1 apresenta comportamento característico de materiais amorfos, ou seja, com estrutura tridimensional desordenada, que indica a presença da sílica reativa característica de material pozolânico.

Os resultados obtidos nesta pesquisa para caracterização química e mineralógica se assemelham aos obtidos por Jochem et al. (2021), que classificaram os resíduos de vidro como material pozolânico, logo podendo ser utilizado em substituição parcial ao cimento *Portland*.

3.2 Resistência à compressão simples das argamassas estudadas

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para resistências à compressão simples das argamassas com teores de substituição de 0% (referência), 10% e 15%, após 28 e 90 dias de cura.

Tabela 3. RCS média das argamassas estudadas.

| Traço | RCS aos 28 dias (Mpa) | RCS aos 90 dias (Mpa) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 1:3 com 0% | 5,38 | 4,79 |
| 1:3 com 10% | 5,06 | 5,24 |
| 1:3 com 15% | 4,88 | 4,44 |

Verifica-se na Tabela 3 que aos 28 dias o teor de 10% de substituição parcial do cimento *Portland* pelo pó de vidro ocasionou redução de 5,95% e o teor de 15% redução de 9,29%. Logo, o teor de 10% de substituição teve melhor desempenho aos 28 dias por ter sofrido menor redução de RCS em relação ao traço de referência, embora não tenha proporcionado ganho de resistência o valor obtido ficou dentro do intervalo proposto na norma para este tipo de argamassa. Fato que pode ser atribuído ao tempo de cura não ter proporcionado as reações pozolânicas se completarem, característica necessária para o aumento da resistência à compressão simples de materiais cimentícios.

Aos 90 dias o teor de 10% de substituição parcial do cimento *Portland* pelo pó de vidro gerou aumento de 9,39%. Enquanto, o teor de 15% de substituição parcial do cimento *Portland* pelo resíduo de vidro processado ocasionou uma redução de 7,31%. Dá-se, ainda, que o teor de 10% continuou tendo um melhor desempenho, aos 90 dias, pois conseguiu promover um pequeno ganho de resistência à compressão simples. As argamassas propostas com teores de substituição parcial de 10% e 15% apresentam valores de resistência à compressão simples em conformidade com a NBR 13281-2 (ABNT, 2023), logo são classificadas como argamassas inorgânicas para fixação horizontal de alvenaria (AAF), ou seja, argamassa de complementação de alvenaria (encunhamento), pois apresentam valores médio de resistência superior a 1,5 MPa, que é o valor mínimo estabelecido pela norma para esta classificação de uso.

3.3 Absorção de água das argamassas estudadas

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para resistências à compressão simples das argamassas com teores de substituição de 0% (referência), 10% e 15%, após 28 e 90 dias de cura.

Tabela 4. Absorção de água das argamassas estudadas.

| Traço | 28 dias (%) | 90 dias (%) |
|-------------|----------------|----------------|
| 1:3 com 0% | 13,06 | 10,00 |
| 1:3 com 10% | 12,70 | 9,89 |
| 1:3 com 15% | 12,39 | 8,98 |

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 4), aos 28 e 90 dias de cura, percebe-se tendência da redução do valor da absorção de água com o aumento do teor de substituição parcial do cimento pelo pó de vidro.

Aos 28 dias, a argamassa de referência (sem substituição) apresentou maior absorção (13,06%), seguida pela argamassa com 10% de substituição parcial do cimento pelo pó de vidro (12,70%) e, por fim, a com 15% de substituição (12,39%).

Enquanto, aos 90 dias, essa tendência se manteve, com a argamassa de referência apresentando absorção de 10 %; a argamassa com 10% de substituição apresentou absorção de 9,89% e a argamassa com 15% de substituição obteve o menor valor para absorção, 8,98%.

Diante dos resultados, pode-se analisar que a redução na absorção de água pode ser atribuída à diminuição da quantidade de vazios na argamassa com a incorporação do pó de vidro. Este, ao ser adicionado à mistura, preenche parte dos espaços vazios entre os grãos de cimento e areia, tornando a estrutura da argamassa mais compacta e menos permeável à água (MORAIS et al., 2022).

4 Conclusões

Após a realização deste estudo sobre argamassas confeccionadas com resíduo de vidro processado na granulometria de material pulverulento em substituição parcial ao cimento *Portland*, é possível concluir:

- A caracterização química do pó de vidro o classifica como material pozzolânico quando se analisa os requisitos: a porcentagem da soma de SiO_2 com Al_2O_3 e Fe_2O_3 ($78,16\% > 70\%$); a porcentagem de SO_3 ($0,18\% < 4$). Ademais, o comportamento do seu difratograma de raio X (formação de uma banda característica de sílica amorfa) contribui para considerar o material com propriedades pozzolânicas. Característica esta que permite que o pó de vidro possa ser usado em substituição parcial ao cimento *Portland* como foi proposto neste estudo.
- As argamassas confeccionadas com 10% e 15% de resíduo do pó de vidro, considerando o uso para argamassa de fixação horizontal de alvenaria (AAF), conforme classificação da NBR 13281-2 (ABNT, 2023), apresentaram valores de resistência à compressão simples dentro do intervalo estabelecido pela norma. Atributo este que é favorável a inserção do resíduo de vidro beneficiado na granulometria de pó na cadeia produtiva de argamassa de encunhamento.
- As argamassas confeccionadas com 10% e 15% de resíduo do pó de vidro apresentaram bons valores de absorção de água, valores menores que o da argamassa de referência, essa característica é extremamente positiva para o estudo. Pois, permite confirmar a introdução do resíduo de vidro após passar por beneficiamento em outra cadeia produtiva.
- O teor de 15% de substituição do cimento *Portland* pelo resíduo estudado tende a proporcionar maior durabilidade e resistência à deterioração causada pela umidade ambiente as argamassas, pois promovem menor valor de absorção de água.

Agradecimentos

As autoras expressam gratidão ao programa PIBIC-UFERSA/CNPq, que apoia a iniciação científica.

Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019) *NBR 7215: Cimento Portland - determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 12 pp.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005) *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro, 8 pp.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014) *NBR 12653: Materiais pozolânicos - Requisitos*. Rio de Janeiro, 10 pp.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2023) *NBR 13281-2: Argamassas inorgânicas — requisitos e métodos de ensaios parte 2: argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria*. Rio de Janeiro, 11 pp.
- Associação Brasileira das Indústrias de Vidro (2024) *ABIVIDRO*. <https://abividro.org.br>.
- Araújo, AL et al. (2021) ‘Poder de mitigação da cinza de casca de arroz ao ataque por sulfatos em argamassas confeccionadas com resíduos de scheelita’, *Revista Matéria*, vol. 26, pp. 13046. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13046>.
- De Oliveira, RE et al. (2022) ‘New sustainable mortar compositions containing perlite waste’, *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 24, pp. 1403–1415. <http://dx.doi.org/10.1007/s10098-021-02255-0>.
- Dos Santos, DOJ, Fontes, CMA and Lima, PRL (2017) ‘Uso de agregado miúdo reciclado em matrizes cimentícias para compósitos reforçados com fibras de sisal’, *Revista Matéria*, vol. 22, n. 1, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170001.0133>.
- Harrison, E, Berenjian, A and Seifan, M (2020) ‘Reciclagem de resíduos de vidro como agregado em materiais à base de cimento’, *Ciência Ambiental e Ecotecnologia*, vol. 4, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2020.100064>.
- Huseien, GF (2023) ‘A review on concrete composites modified with nanoparticles’, *Journal of Composites Science*, vol. 7, n. 67, pp. 1–22. <https://doi.org/10.3390/jcs7020067>.
- Kabay, N, Miyan, N and Özkan, H (2021) ‘Utilization of pumice powder and glass microspheres in cement mortar using paste replacement methodology’, *Construction and Building Materials*, vol. 282, pp. 122691. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122691>.
- Jiang, X et al. (2022) ‘Influence of waste glass powder as a supplementary cementitious material (SCM) on physical and mechanical properties of cement paste under high temperatures’, *Journal of Cleaner Production*, vol. 340, pp. e130778. <https://research.polyu.edu.hk/en/publications/influence-of-waste-glass-powder-as-a-supplementary-cementitious-m>.
- Jochem, LF et al. (2021) ‘Efeito da substituição parcial do cimento por resíduo de vidro em pastas cimentícias’, *Construction and Building Materials*, vol. 273, pp. 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121704>.
- Li, Q, Qiao, H, Lia, A and Li, G (2022) ‘Performance of waste glass powder as a pozzolanic material in blended cement mortar’, *Construction and Building Materials*, vol. 324, n. 21, pp. 126531. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126531>.
- Lopes, RK, Piovesan, JC, Jardim, PILG and Jardim, LCJG (2022) ‘Análise da utilização do resíduo de vidro em concretos e argamassas de cimento Portland’, *Revista de Engenharia e Tecnologia*, vol. 14, n. 1, pp. 1–12. <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/19870/209209216413>.
- Medeiros, EF and Barros, SVA (2025) ‘Resíduos vítreos em tijolos solo cimento’, *International Journal of Professional Business Review*, vol. 10, pp. 1–11. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2025.v10i5.5459>.
- Morais, A et al. (2022) ‘Argamassa cimentícia: uso sustentável de pó fino de vidro reciclado como precursor parcial’, *Cerâmica Industrial*, vol. 27, n. 1, pp. 1–11. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2022.008>.
- Oliveira, JP, dos Santos, CH, Okumura, ML and Ueda Yamaguchi, N (2020) ‘Concrete performance evaluation of coarse aggregate replacement by civil construction waste’, *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, vol. 54, pp. 1–13. <https://doi.org/10.5902/2236117043603>.
- Oliveira, LAA and Barros, SVA (2024) ‘Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa’, *International Journal of Professional Business Review*, vol. 9, pp. 1–18. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i5.4629>.
- Trentin, PO et al. (2020) ‘Tijolos de solo-cimento com perlita como MCS e cinza de algaroba e cajueiro como filler’, *Revista Matéria*, vol. 25, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200001.0903>.

Sant Ana, KO et al. (2023) ‘Uso de resíduo de vidro temperado (RVT) na composição de argamassas’, *Cerâmica Industrial*, vol. 28, pp. 1–18. <https://doi.org/10.4322/cerind.2023.012>.

Santos, EA et al. (2024) ‘Influência da incorporação de resíduo de lapidação de vidro nas propriedades da argamassa de cimento Portland’, *Revista Matéria*, vol. 29, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0330>.

Santos, DP (2016) *Influência do resíduo de vidro nas propriedades de uma argamassa colante*. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 135f.