

USO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ARGAMASSAS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**USE OF SOLID WASTE IN MORTARS AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR
THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

**USO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MORTEROS COMO ALTERNATIVA
SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN CIVIL**

**Mayana Silveira Amorim¹, Williams Andrade do Rosario², Elzelis Muller da Silva³, Vitória
Nazaré Costa Seixas⁴, Rosemary Maria Pimentel Coutinho⁵, Thiago Nicolau Magalhães de Souza
Conte⁶, Patrícia Danielle Lima de Lima⁷, Alessandre Sampaio da Silva⁸**

DOI: 10.54899/dcs.v23i94.6699

Recibido: 20/07/2026 | **Aceptado:** 13/08/2026 | **Publicación en línea:** 20/08/2026.

RESUMO

A incorporação de resíduos sólidos em argamassas cimentícias tem se consolidado como uma estratégia para reduzir o consumo de matérias-primas naturais e promover maior sustentabilidade na construção civil. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar pesquisas sobre a utilização desses resíduos em argamassas, identificando os principais materiais empregados, as formas de incorporação e seus efeitos nas propriedades no estado fresco, no desempenho mecânico e na durabilidade. Para isso, realizou-se uma revisão da literatura conduzida de forma sistematizada, com buscas nas bases SciELO e Portal de Periódicos CAPES, considerando artigos publicados entre 2021 e 2026. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 71 estudos compuseram a amostra da revisão. Em seguida para delimitar, prosseguiu-se a análise qualitativa que priorizou, na discussão, pesquisas experimentais que realizaram ensaios tecnológicos em argamassas e apresentaram resultados diretamente relacionados aos objetivos desta revisão. Os resultados evidenciaram ampla diversidade de resíduos provenientes de diferentes setores produtivos, empregados principalmente como substitutos parciais do cimento Portland ou do agregado miúdo. Verificou-se que o desempenho das argamassas depende das características

¹ Graduanda em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: mayyana.amorim@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-3579-2550>

² Graduando em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: wyl10andrade@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-1462-3341>

³ Doutora em Engenharia de Recursos Naturais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: elzelis@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6778-520X>

⁴ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: vitoria.seixas@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0716-3876>

⁵ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal do Pará (IFPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: rosemary.coutinho@ifpa.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3444-1248>

⁶ Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: thiagonconte@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0273-8431>

⁷ Doutora em Genética e Biologia Molecular, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: patricia.lima@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1068-2813>

⁸ Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: alessandre@uepa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1288-366X>

físicas, químicas e mineralógicas dos resíduos, do teor de substituição e da estratégia de incorporação adotada. Conclui-se que a utilização de resíduos sólidos em argamassas constitui uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente promissora, desde que os materiais sejam adequadamente caracterizados e empregados conforme os requisitos da aplicação pretendida.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Sustentabilidade. Construção Civil. Argamassas Cimentícias.

ABSTRACT

The incorporation of solid waste into cementitious mortars has become an important strategy for reducing the consumption of natural raw materials and promoting greater sustainability in the construction industry. In this context, this study aimed to analyze research on the use of solid waste in mortars, identifying the main materials employed, their incorporation methods, and their effects on fresh-state properties, mechanical performance, and durability. To this end, a systematically conducted literature review was carried out using the SciELO and CAPES Periodicals databases, considering articles published between 2021 and 2026. After applying the eligibility criteria, 71 studies comprised the review sample. Subsequently, the qualitative analysis focused primarily on experimental studies that performed technological tests on mortars and reported results directly related to the objectives of this review. The findings revealed a wide variety of waste materials from different industrial sectors, mainly used as partial replacements for Portland cement or fine aggregate. Mortar performance was found to depend on the physical, chemical, and mineralogical characteristics of the waste, the replacement level, and the incorporation strategy adopted. It was concluded that the use of solid waste in mortars represents a technically feasible and environmentally promising alternative, provided that the materials are properly characterized and applied according to the requirements of their intended use.

Keywords: Solid Waste. Sustainability. Construction Industry. Cementitious Mortars.

RESUMEN

La incorporación de residuos sólidos en morteros cementicios se ha consolidado como una estrategia para reducir el consumo de materias primas naturales y promover una mayor sostenibilidad en la construcción. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar las investigaciones sobre el uso de estos residuos en morteros, identificando los principales materiales empleados, las formas de incorporación y sus efectos sobre las propiedades en estado fresco, el desempeño mecánico y la durabilidad. Para ello, se llevó a cabo una revisión de la literatura desarrollada de manera sistematizada, mediante búsquedas en las bases de datos SciELO y Portal de Periódicos CAPES, considerando artículos publicados entre 2021 y 2026. Tras la aplicación de los criterios de elegibilidad, 71 estudios conformaron la muestra de la revisión. Posteriormente, el análisis cualitativo priorizó, en la discusión, los estudios experimentales que realizaron ensayos tecnológicos en morteros y presentaron resultados directamente relacionados con los objetivos de esta revisión. Los resultados evidenciaron una amplia diversidad de residuos procedentes de distintos sectores productivos, empleados principalmente como sustitutos parciales del cemento Portland o del agregado fino. Se constató que el desempeño de los morteros depende de las características físicas, químicas y mineralógicas de los residuos, del porcentaje de sustitución y de la estrategia de incorporación adoptada. Se concluye que el uso de residuos sólidos en morteros constituye una alternativa técnicamente

viable y ambientalmente prometedora, siempre que los materiales sean adecuadamente caracterizados y utilizados de acuerdo con los requisitos de la aplicación prevista.

Palabras clave: Resíduos Sólidos. Sostenibilidad. Construcción Civil. Morteros Cementicios.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a expansão urbana e o avanço tecnológico têm impulsionado transformações significativas na construção civil, exigindo que o setor se adapte às novas demandas por eficiência e sustentabilidade. Nesse contexto, a reciclagem destaca-se como estratégia fundamental, por combinar crescimento econômico, inclusão social e conservação ambiental. Pesquisas sobre reuso e reciclagem de resíduos, sobretudo em países em desenvolvimento, revelam grande potencial de expansão e aplicabilidade na construção civil (Santos; Alves; Pimentel, 2020).

Paralelamente, a produção de cimento demanda intensa exploração de matérias-primas e elevado consumo energético, contribuindo significativamente para as emissões de gases de efeito estufa (Prata, 2022). Além disso, a exploração de agregados naturais, especialmente da areia, enfrenta restrições ambientais cada vez mais severas, tornando necessária a busca por materiais alternativos que reduzam a pressão sobre os recursos naturais (Barreto, 2020). Nesse cenário, a incorporação de resíduos sólidos em matrizes cimentícias surge como uma alternativa capaz de conciliar desempenho tecnológico e sustentabilidade ambiental.

Entre os materiais cimentícios, as argamassas destacam-se pela ampla utilização em revestimentos, assentamento de alvenaria, regularização de superfícies e reparos. Sua versatilidade permite a incorporação de resíduos sólidos como substitutos parciais do cimento Portland, do agregado miúdo ou como adições minerais, favorecendo o desenvolvimento de materiais com menor impacto ambiental. Nesse sentido, Becker (2021) demonstrou que a substituição parcial dos agregados convencionais por argila expandida possibilita a produção de argamassas com trabalhabilidade e resistência mecânica semelhantes às misturas tradicionais, além de reduzir significativamente sua massa específica. De forma complementar, Moreira (2022) destaca o potencial do poliestireno expandido (EPS) como substituto parcial do agregado miúdo,

contribuindo para a produção de argamassas com menor densidade e melhor desempenho térmico.

A literatura recente evidencia que a utilização de resíduos em argamassas abrange uma ampla diversidade de materiais, incluindo PET reciclado, sílica da casca de arroz, rejeitos de minério de ferro, resíduos de placas cerâmicas, cinzas de biomassa vegetal e resíduos de retífica cerâmica. Esses materiais têm sido empregados tanto como substitutos do cimento Portland quanto do agregado miúdo e, quando submetidos a diferentes tratamentos, apresentam potencial para substituir agregados naturais, preservando propriedades relevantes para aplicações em argamassas (Da Rocha Patrício *et al.*, 2022; Mourão *et al.*, 2024; De Paula Junior; De Souza Oliveira, 2022; Negrini *et al.*, 2023; Gonçalves; Soares; Paula, 2021).

Apesar do avanço das pesquisas, observa-se elevada heterogeneidade quanto aos materiais empregados, aos teores de substituição, às estratégias de dosagem e aos procedimentos experimentais adotados. Essa diversidade dificulta comparações diretas entre os estudos e a identificação de tendências gerais sobre o comportamento das argamassas, evidenciando a necessidade de revisões que sistematizem criticamente as evidências disponíveis e identifiquem lacunas para pesquisas futuras.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistematizada da literatura sobre a utilização de resíduos sólidos na produção de argamassas cimentícias, analisando os principais materiais empregados, suas formas de incorporação e os efeitos promovidos nas propriedades do estado fresco, no desempenho mecânico e na durabilidade. Além disso, busca identificar tendências observadas nas pesquisas recentes e discutir os fatores que condicionam o desempenho das argamassas, contribuindo para o desenvolvimento de materiais cimentícios mais sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo consiste em uma revisão da literatura conduzida de forma sistematizada, baseada em um protocolo previamente estabelecido para definição das bases de dados, das estratégias de busca, dos critérios de elegibilidade, do processo de seleção dos estudos e da sistematização das informações extraídas. Essa abordagem permitiu reunir e analisar criticamente as evidências disponíveis sobre a incorporação de resíduos sólidos em argamassas cimentícias.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados SciELO e Portal de Periódicos CAPES, por reunirem expressiva produção científica na área de materiais de construção. Para a

recuperação dos estudos, foram utilizadas as expressões *solid waste AND construction*, *solid waste AND construction materials e recycled materials AND construction*, aplicadas em títulos, resumos e palavras-chave, considerando artigos científicos publicados entre 2021 e 2026. Em ambas as bases, foram aplicados os filtros "artigos" e "engenharia". No Portal de Periódicos CAPES, adotou-se ainda o filtro "produção nacional", com o objetivo de priorizar estudos desenvolvidos no contexto brasileiro. As estratégias de busca adotadas e os respectivos resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Quadro 1 – Estratégia de busca, seleção e elegibilidade dos estudos incluídos na revisão.

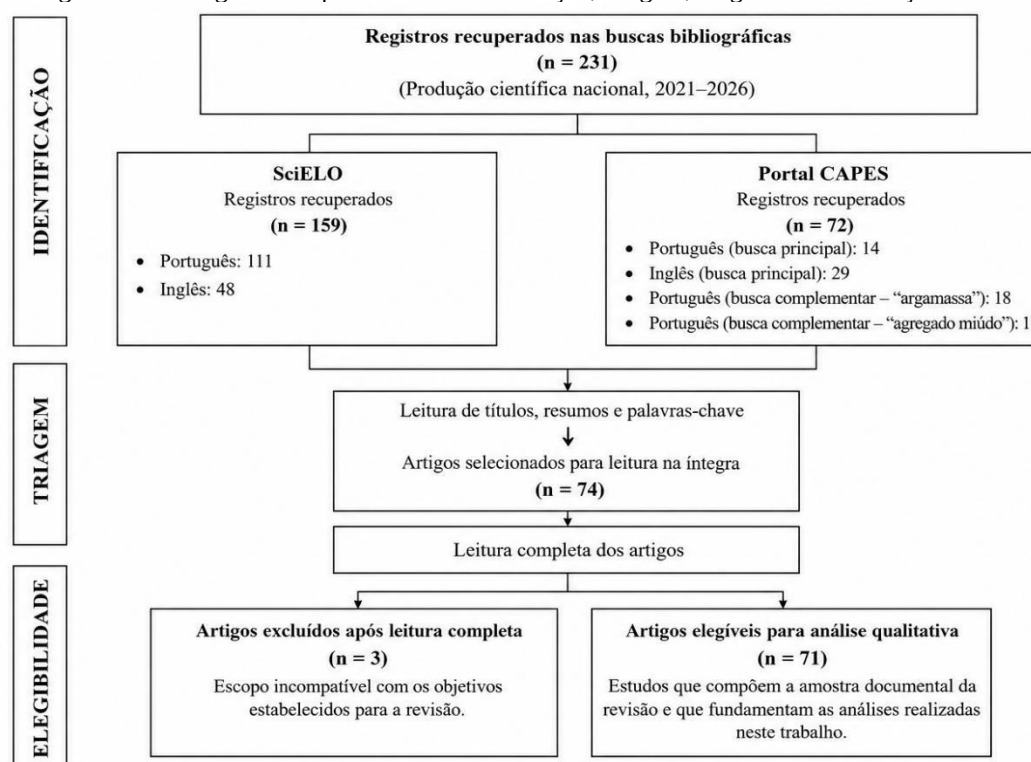
Base de dados	Idioma	Expressão utilizada na busca	Registros recuperados	Artigos selecionados	Artigos elegíveis
SciELO	Português	argamassa AND resíduos OR "materiais reciclados"	111	38	36
SciELO	Inglês	mortar AND waste	48	13	13
Portal CAPES	Português	argamassa AND resíduos OR "materiais reciclados"	14	3	2
Portal CAPES	Inglês	mortar AND waste	29	17	17
Portal CAPES	Português	argamassa (busca complementar)	18	1	1
Portal CAPES	Português	agregado miúdo (busca complementar)	11	2	2
TOTAL			231	74	71

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Foram incluídos artigos científicos completos que abordassem a utilização de resíduos sólidos na produção de argamassas cimentícias, apresentassem metodologia claramente descrita e resultados relacionados às propriedades no estado fresco, ao desempenho mecânico ou à durabilidade. Foram excluídos trabalhos duplicados, revisões de literatura, resumos de eventos, dissertações, teses, capítulos de livros e estudos que não tratassem diretamente da aplicação de resíduos em argamassas ou que não apresentassem informações suficientes para a análise proposta.

O processo de seleção compreendeu as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Inicialmente, realizou-se a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave para verificar a compatibilidade dos estudos com os objetivos da pesquisa. Em seguida, os trabalhos potencialmente elegíveis foram submetidos à leitura na íntegra, aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Os estudos considerados elegíveis constituíram a base documental da revisão, conforme sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do processo de identificação, triagem, elegibilidade e seleção dos estudos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Dos 71 artigos elegíveis foram extraídas informações referentes ao tipo de resíduo, origem do material, forma e teor de incorporação, propriedades avaliadas, principais resultados e conclusões. Essas informações foram organizadas em uma matriz analítica, utilizada para comparar os diferentes resíduos e identificar tendências relacionadas ao comportamento das argamassas. A discussão foi estruturada a partir dessa matriz, priorizando estudos experimentais que apresentaram ensaios tecnológicos e resultados diretamente relacionados aos objetivos desta revisão, sem desconsiderar as evidências fornecidas pelo conjunto dos estudos elegíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos selecionados evidenciam o crescente interesse da comunidade científica nacional pela incorporação de resíduos sólidos na produção de argamassas, refletindo a busca por alternativas capazes de conciliar desempenho tecnológico e sustentabilidade na construção civil.

Embora tenham sido investigados resíduos provenientes de diferentes cadeias produtivas, predominam pesquisas voltadas à substituição parcial do cimento Portland ou do agregado miúdo, com ênfase na avaliação das propriedades no estado fresco, do desempenho mecânico e da

durabilidade das argamassas.

De maneira geral, o comportamento observado não depende exclusivamente da origem do resíduo empregado, mas principalmente de suas características físicas, químicas e mineralógicas, da forma de incorporação e do teor de substituição adotado. Em diversos estudos, resíduos de origens distintas apresentaram respostas semelhantes quando possuíam granulometria, massa específica ou atividade pozolânica equivalentes. Em contrapartida, materiais pertencentes à mesma categoria produziram comportamentos distintos em função do processamento, da composição química e das condições experimentais adotadas.

Considerando essa diversidade, os resultados foram organizados em três etapas complementares. Inicialmente, realizou-se a caracterização dos resíduos sólidos empregados nas argamassas, contemplando sua origem e a função desempenhada na matriz cimentícia. Em seguida, discutiram-se os efeitos da incorporação desses materiais sobre as propriedades no estado fresco, o desempenho mecânico e a durabilidade. Por fim, foi apresentada uma síntese crítica das principais tendências identificadas, das limitações metodológicas observadas e das perspectivas para pesquisas futuras.

Caracterização dos Resíduos Sólidos Empregados em Argamassas

A análise dos artigos selecionados evidenciou a utilização de resíduos sólidos provenientes principalmente dos setores de mineração, siderurgia, construção civil, indústria cerâmica, indústria vidreira, geração de energia e agroindústria na produção de argamassas. De modo geral, esses materiais foram empregados como substitutos parciais do cimento Portland, do agregado miúdo ou como adições minerais, com o objetivo de reduzir o consumo de matérias-primas naturais e promover o reaproveitamento de resíduos gerados em diferentes cadeias produtivas.

Os resíduos analisados apresentaram características físicas, químicas e mineralógicas bastante distintas, refletindo diretamente na forma de incorporação e no comportamento das argamassas. Entre os materiais identificados destacam-se resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais, escórias siderúrgicas, resíduos cerâmicos e vítreos, cinzas provenientes de diferentes processos de combustão, rejeitos minerais, resíduos poliméricos e materiais de origem vegetal. Em conjunto, os estudos indicam que propriedades como granulometria, massa específica, forma das partículas, capacidade de absorção de água, composição química e atividade

pozolânica exercem influência mais significativa sobre o desempenho das argamassas do que a origem do resíduo.

Para facilitar a análise comparativa dos estudos, os resíduos foram classificados segundo dois critérios: (i) origem do material e (ii) função desempenhada na argamassa. Essa organização permite reunir materiais de diferentes cadeias produtivas com comportamento tecnológico semelhante, favorecendo a identificação de padrões de incorporação e desempenho observados na literatura.

Classificação dos Resíduos quanto à Origem

Os resíduos identificados nos estudos analisados foram agrupados segundo sua origem, conforme apresentado na Quadro 2, evidenciando a diversidade de cadeias produtivas investigadas e o potencial desses materiais para aplicação em argamassas cimentícias.

Quadro 2 – Classificação dos resíduos sólidos empregados em argamassas quanto à origem.

Categoria	Principais resíduos identificados	Forma predominante de incorporação
Resíduos minerais e da mineração	Rejeitos de minério de ferro, resíduos de mármore e granito, rejeitos de quartzo ametista, resíduos de caulim, lama vermelha, feldspato, ardósia e finos de rochas ornamentais	Substituição parcial do cimento Portland, do agregado miúdo ou utilização como precursor cimentício
Resíduos siderúrgicos e metalúrgicos	Escórias de aciaria, escória de forno-panela, escórias siderúrgicas, granalha de aço e sílica de filtros industriais	Substituição parcial do cimento Portland ou do agregado miúdo
Resíduos cerâmicos	Cerâmica vermelha, cerâmica branca, porcelanato, blocos e telhas cerâmicas moídas	Substituição parcial do cimento Portland ou do agregado miúdo
Resíduos vítreos	Vidro moído e resíduos de lapidação de vidro	Substituição parcial do cimento Portland e, em menor escala, do agregado miúdo
Cinzas e resíduos de combustão	Cinza da casca de arroz, cinza de madeira, cinza do bagaço de cana-de-açúcar, cinzas de biomassa, cinza volante e resíduos termoelétricos	Substituição parcial do cimento Portland ou utilização como adição mineral
Substituição parcial ou total do Agregados reciclados, resíduos de concreto, Resíduos de construção e agregado miúdo e, após moagem, argamassa e resíduos mistos de construção demolição (RCD) substituição parcial do cimento e demolição Portland		
EPS, PET, borracha de pneus, máscaras Substituição parcial do agregado Resíduos poliméricos e descartáveis, embalagens cartonadas, placas miúdo, principalmente para produção		

	elastoméricos de circuito impresso e lonas de freio	de argamassas leves
Resíduos agroindustriais e	Emprego como fibras de reforço, Fibras de carnaúba, coco, sisal, madeira, celulose, papel kraft contaminado, resíduos fibras vegetais miúdo ou produção de cinzas para agrícolas e biomassa vegetal substituição do cimento	substituição parcial do agregado
Outros resíduos industriais	Resíduos da indústria de tintas, areia de fundição, dregs, grits e outros subprodutos industriais	Substituição parcial do agregado miúdo, utilização como adição mineral ou em aplicações específicas

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base nos estudos selecionados para a revisão.

Observa-se no quadro acima que há uma predominância de resíduos provenientes de atividades industriais e do beneficiamento mineral, destacando-se resíduos de mármore e granito, escórias siderúrgicas, resíduos cerâmicos, resíduos vítreos e subprodutos metalúrgicos. Essa representatividade decorre da elevada disponibilidade desses materiais e de suas características físicas e químicas, que favorecem seu emprego como substitutos do cimento Portland, do agregado miúdo ou como adições minerais. Estudos recentes indicam que esses resíduos podem melhorar o desempenho das argamassas quando empregados em condições adequadas; Como exemplo, resíduos de caulim calcinado que apresentam atividade pozolânica, e o uso da argila expandida cuja viabilidade foi comprovada na produção de argamassas leves (Becker, 2021; Viana *et al.*, 2022).

Os resíduos oriundos da agricultura e da agroindústria também apresentam participação expressiva, representados principalmente pela cinza da casca de arroz, cinza de madeira, fibras vegetais e resíduos lignocelulósicos. Apesar da maior variabilidade composicional, esses materiais têm apresentado resultados promissores tanto na substituição parcial do cimento Portland quanto no reforço da matriz cimentícia, desde que submetidos a processamento adequado. Entre os estudos analisados, Souza *et al.* (2023) observaram desempenho satisfatório em argamassas produzidas com cinza da casca de arroz associada à escória de forno-panela, enquanto Gonçalves, Soares e Paula (2021) evidenciaram o potencial das cinzas de biomassa vegetal como materiais cimentícios suplementares.

Os resíduos de construção e demolição, por sua vez, refletem o crescente interesse pelo reaproveitamento de materiais gerados pelo próprio setor construtivo. Em geral, esses resíduos possibilitam a substituição parcial ou total dos agregados naturais, reduzindo o consumo de recursos minerais e promovendo uma destinação ambientalmente mais adequada. Esse cenário é observado por Carolino *et al.* (2021), que verificaram que agregados reciclados provenientes de

resíduos de construção e demolição podem substituir parcial ou totalmente a areia natural, mantendo a viabilidade técnica das argamassas.

Também se destacam os resíduos poliméricos e elastoméricos, como poliestireno expandido (EPS), politereftalato de etileno (PET) e borracha de pneus. Em razão da baixa massa específica, esses materiais são empregados principalmente na obtenção de argamassas leves, contribuindo para a melhoria do desempenho térmico e acústico (Da Rocha Patrício *et al.*, 2022; Moreira, 2022).

Em síntese, a classificação quanto à origem evidencia a ampla diversidade de resíduos investigados na literatura nacional. Entretanto, a análise conjunta dos estudos indica que a procedência do material, por si só, não constitui um indicador confiável de desempenho, uma vez que características como granulometria, atividade pozolânica, massa específica e composição mineralógica exercem influência mais significativa sobre o comportamento das argamassas. Essa constatação justifica a classificação apresentada na seção seguinte, baseada na função desempenhada por cada resíduo na matriz cimentícia.

Classificação dos Resíduos Quanto à Função Desempenhada na Argamassa

Além da classificação quanto à origem, os resíduos foram organizados de acordo com a função desempenhada na argamassa, conforme apresentado na Quadro 3. Essa abordagem permite compreender de que forma cada material é incorporado à matriz cimentícia e identificar tendências relacionadas às estratégias de substituição adotadas nos estudos analisados.

Quadro 3 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à função desempenhada na argamassa.

Função desempenhada na argamassa	Principais resíduos identificados	Objetivo predominante da incorporação
Substituição parcial do cimento Portland	Cinzas, resíduos cerâmicos moídos, vidro moído, resíduos de caulim, resíduos de mármore e granito, escórias finamente moídas e outros materiais minerais	Efeito fíler, atividade pozolânica, refinamento da microestrutura e redução do consumo de cimento Portland
Substituição parcial do agregado miúdo	Agregados reciclados, resíduos de concreto, escórias siderúrgicas, PET, EPS, borracha de pneus, resíduos cerâmicos e vidro moído	Redução do consumo de agregados naturais, produção de argamassas leves e modificação das propriedades físicas e mecânicas
Emprego como fibras de reforço	Fibras de carnaúba, coco, sisal, madeira, celulose, papel kraft contaminado e outras fibras vegetais	Controle da fissuração, aumento da tenacidade e melhoria do comportamento mecânico

Aplicações específicas	Granalha de aço, placas de circuito impresso, resíduos industriais especiais e materiais destinados à blindagem radiológica, isolamento térmico ou acústico	Conferir propriedades funcionais específicas às argamassas
------------------------	---	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base nos estudos selecionados para a revisão.

Verificou-se que a substituição parcial do cimento Portland constitui a estratégia mais recorrente na literatura, principalmente para resíduos finamente pulverizados e com potencial atividade pozolânica, como cinzas, resíduos cerâmicos moídos, vidro moído, resíduos de caulim e materiais provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais. Nesses casos, a elevada finura e a composição mineralógica favorecem o efeito fíler e, em determinados materiais, a ocorrência de reações pozolânicas, contribuindo para o refinamento da microestrutura da matriz cimentícia.

A substituição parcial do agregado miúdo também foi amplamente empregada, sobretudo para resíduos com granulometria semelhante à da areia natural ou baixa massa específica, como agregados reciclados, resíduos de concreto, escórias siderúrgicas, PET, EPS e borracha de pneus. De modo geral, essa estratégia busca reduzir o consumo de agregados naturais e, dependendo das características do resíduo, modificar propriedades como densidade, isolamento térmico, isolamento acústico e comportamento mecânico das argamassas.

Outro grupo identificado corresponde aos resíduos utilizados como fibras de reforço ou como componentes destinados a conferir funções específicas às argamassas. Fibras vegetais, resíduos lignocelulósicos e materiais poliméricos foram empregados com o objetivo de controlar a fissuração, melhorar a tenacidade e agregar propriedades funcionais, enquanto alguns resíduos industriais foram utilizados em aplicações específicas, como argamassas com capacidade de blindagem radiológica, isolamento térmico ou amortecimento acústico.

Embora a classificação por função facilite a compreensão das diferentes formas de incorporação, observou-se que um mesmo resíduo pode desempenhar funções distintas, dependendo do processamento realizado, da granulometria obtida e do teor de substituição adotado. Dessa forma, materiais provenientes de uma mesma cadeia produtiva podem ser empregados tanto como substitutos do cimento quanto do agregado miúdo, evidenciando que a função desempenhada na argamassa depende das características do resíduo e da finalidade pretendida para o compósito.

Essa organização permitiu estabelecer uma base comum para a análise apresentada na seção seguinte, na qual os estudos são comparados a partir dos efeitos da incorporação dos resíduos nas propriedades do estado fresco, no desempenho mecânico e na durabilidade das

argamassas.

Influência dos Resíduos no Desempenho das Argamassas

A incorporação de resíduos sólidos em argamassas modifica o comportamento do material tanto no estado fresco quanto após o endurecimento, influenciando diretamente propriedades relacionadas à trabalhabilidade, resistência mecânica e durabilidade. Entretanto, a magnitude desses efeitos varia em função das características físicas, químicas e mineralógicas dos resíduos, bem como do teor de substituição e da estratégia de incorporação adotada em cada estudo.

Os trabalhos analisados demonstram que resíduos com elevada finura ou atividade pozzolânica tendem a contribuir para o refinamento da microestrutura e para a melhoria de determinadas propriedades mecânicas e de durabilidade, enquanto materiais de baixa massa específica ou elevada porosidade influenciam principalmente a densidade, a trabalhabilidade e o comportamento físico das argamassas. Observa-se ainda que resíduos provenientes de diferentes cadeias produtivas podem produzir respostas semelhantes quando apresentam características físicas e químicas equivalentes, reforçando que o desempenho das argamassas depende mais das propriedades intrínsecas do material incorporado do que de sua origem.

Para facilitar a análise comparativa dos estudos, a discussão foi organizada em três grupos de propriedades: (i) comportamento no estado fresco; (ii) desempenho mecânico; e (iii) durabilidade. Essa organização permite identificar tendências recorrentes e compreender os mecanismos responsáveis pelas alterações observadas nas argamassas produzidas com resíduos sólidos.

Influência dos Resíduos nas Propriedades Reológicas e no Comportamento no Estado Fresco

As propriedades no estado fresco constituem um dos principais critérios para avaliar a viabilidade da incorporação de resíduos sólidos em argamassas, pois influenciam diretamente o preparo, o transporte e a aplicação do material. Entre os estudos analisados, destacaram-se a consistência, a trabalhabilidade, a retenção de água, a densidade de massa, o teor de ar incorporado e o comportamento reológico, propriedades controladas principalmente pela granulometria, área superficial específica, massa específica, forma das partículas e capacidade de

absorção de água dos resíduos.

Uma das tendências mais recorrentes identificadas na literatura foi o aumento da demanda de água em argamassas contendo resíduos finamente pulverizados. Esse comportamento foi observado em diferentes materiais empregados como substituintes parciais do cimento Portland ou do agregado miúdo. Na incorporação de escória de forno-panela associada à cinza da casca de arroz, verificou-se a elevação da relação água/aglomerante de 1,13 na mistura de referência para 1,95 nas formulações com maior teor de substituição, mantendo-se o índice de consistência entre 257 e 262 mm. De forma semelhante, a substituição da areia natural por escória de aciaria exigiu aumento progressivo da relação água/cimento para preservar um espalhamento próximo de 260 mm, comportamento atribuído à elevada angularidade das partículas e à maior absorção de água do resíduo. Apesar de empregarem materiais de naturezas distintas, ambos os estudos demonstram que o aumento da área superficial das partículas eleva a demanda de água, uma vez que maior quantidade de água é necessária para promover o adequado recobrimento dos grãos e reduzir o atrito interno da mistura (Amancio *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2023).

Entretanto, esse comportamento não foi observado em todos os estudos. Almada, Santos e Souza (2022) verificaram que a substituição parcial do cimento por resíduo de mármore e granito, associada ao emprego de plastificante, manteve praticamente inalterado o índice de consistência e reduziu a porosidade da matriz em aproximadamente 6,9%. Em consonância com esses resultados, Lopes *et al.* (2021) observaram aumento do espalhamento em argamassas contendo vidro moído e superplastificante, efeito favorecido pela elevada finura do material, cujo diâmetro mediano das partículas (D50) foi de aproximadamente 10 µm, inferior ao do cimento Portland (16,67 µm). Esses resultados demonstram que resíduos de elevada finura não necessariamente aumentam a demanda de água, desde que a dosagem favoreça o efeito fíler e o melhor empacotamento das partículas.

Outro aspecto frequentemente relatado refere-se às alterações na densidade da mistura, no teor de ar incorporado e no comportamento reológico das argamassas. Enquanto escórias siderúrgicas e rejeitos minerais aumentaram a densidade das misturas em razão de sua elevada massa específica, resíduos poliméricos, como EPS e PET, promoveram sua redução devido à baixa densidade aparente. Paralelamente, materiais de elevada porosidade ou geometria irregular modificaram a retenção de água e favoreceram alterações no teor de ar incorporado, influenciando a estabilidade e a resistência ao escoamento das misturas. Nesse contexto, Amancio *et al.* (2021) demonstraram, por meio do ensaio de squeeze-flow, que argamassas com índices de consistência

semelhantes apresentaram diferentes resistências ao escoamento e capacidades de deformação, evidenciando que o índice de consistência, isoladamente, não caracteriza adequadamente o comportamento reológico das argamassas.

Os estudos analisados indicam que o comportamento das argamassas no estado fresco resulta da interação entre as propriedades intrínsecas dos resíduos e a estratégia de dosagem adotada. Resíduos de elevada finura tendem a aumentar a demanda de água em razão da maior área superficial específica, enquanto materiais capazes de promover melhor empacotamento das partículas ou empregados com aditivos plastificantes podem preservar ou melhorar a trabalhabilidade. Assim, o desempenho reológico depende do equilíbrio entre as características físicas do resíduo, o teor de incorporação e a composição da mistura, e não exclusivamente de sua origem.

Influência dos Resíduos nas Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas constituem um dos principais parâmetros para avaliar a viabilidade da incorporação de resíduos sólidos em argamassas, pois refletem diretamente sua capacidade de suportar solicitações durante a vida útil. Entre os estudos analisados, a resistência à compressão foi a propriedade mais frequentemente investigada, seguida da resistência à tração na flexão, resistência de aderência, módulo de elasticidade e, em menor frequência, do comportamento pós-fissuração e do amortecimento dinâmico. Em conjunto, os resultados indicam que o desempenho mecânico depende da interação entre granulometria, massa específica, atividade pozolânica, composição mineralógica, teor de substituição e qualidade da interface entre o resíduo e a matriz cimentícia, não podendo ser explicado apenas pela origem do material.

Uma das tendências mais consistentes observadas foi a manutenção ou o incremento da resistência mecânica quando resíduos finamente pulverizados e com potencial de atuação física ou pozolânica foram empregados em teores moderados. Fonsêca *et al.* (2025), por exemplo, verificaram que a incorporação conjunta de 20% de resíduo de lapidação de vidro e 10% de cinza de madeira promoveu aumento aproximado de 11% na resistência à compressão, acompanhado por redução da porosidade e da absorção capilar. Resultados semelhantes foram obtidos por

Lopes *et al.* (2021), que utilizaram vidro moído com diâmetro mediano de partículas (D50) de aproximadamente 10 μm , inferior ao do cimento Portland (16,67 μm), alcançando índice de atividade pozolânica de 103,3% e resistência equivalente à mistura de referência, mesmo com

redução de cerca de 109 kg/m³ de cimento. Da mesma forma, Viana *et al.* (2022) observaram que a incorporação de 10% de resíduo da indústria de tintas manteve resistências estatisticamente semelhantes às da argamassa convencional, comportamento atribuído ao efeito fíler promovido por partículas carbonáticas entre 15 e 18 µm. Em conjunto, esses estudos demonstram que resíduos de elevada finura podem preservar ou aumentar o desempenho mecânico mesmo quando apresentam baixa reatividade química, desde que favoreçam o empacotamento das partículas e o refinamento da microestrutura da matriz cimentícia.

Comportamento semelhante foi observado em estudos que substituíram parcialmente o agregado miúdo por resíduos minerais. Amancio *et al.* (2021) verificaram incremento aproximado de 11,2% na resistência à compressão com a substituição de 20% da areia por escória de aciaria, resultado atribuído ao maior intertravamento mecânico promovido pelas partículas angulares do resíduo. De forma semelhante, Centenaro, Silva e Paulino (2021) constataram que argamassas contendo 20% de cinza de caldeira apresentaram resistência à compressão de 15,84 MPa, cerca de 19,6% superior à mistura de referência, além de aumento aproximado de 19% na resistência à tração na flexão. Ferrari *et al.* (2022), por sua vez, verificaram que resíduos provenientes de placas de circuito impresso trituradas proporcionaram resistências superiores à referência quando empregados em granulometrias intermediárias (0,60 e 1,20 mm), alcançando valores de até 35,32 MPa. Esses resultados indicam que o controle granulométrico pode compensar a baixa reatividade química de determinados resíduos, favorecendo o empacotamento das partículas e a melhoria da zona de transição interfacial.

Entretanto, os benefícios observados dependem fortemente do teor de incorporação. Reduções progressivas da resistência à compressão e à flexão foram registradas em argamassas produzidas com escória de forno-painel, cinza da casca de arroz, resíduo de carvão mineral e resíduos de construção e demolição quando empregados em elevados teores de substituição. De maneira geral, essas perdas foram associadas ao aumento da relação água/aglomerante, à baixa reatividade de determinados materiais, ao incremento da porosidade e à maior heterogeneidade da matriz cimentícia, fatores que comprometem a formação dos produtos de hidratação e a continuidade da microestrutura (Souza *et al.*, 2023; Trentin *et al.*, 2022; Carolino *et al.*, 2021).

Além da resistência convencional, alguns estudos ampliaram a avaliação do desempenho mecânico ao investigar propriedades relacionadas à deformabilidade e ao comportamento dinâmico das argamassas. Batista *et al.* (2026) verificaram que a incorporação de partículas de borracha de pneus, vermiculita expandida e fibras de sisal hornificadas reduziu entre 42% e 45%

a resistência à compressão e entre 22% e 26% a resistência à flexão, ao mesmo tempo em que elevou o fator de amortecimento em até 9%, indicando maior capacidade de dissipação de energia. Resultado semelhante foi observado por Brandão *et al.* (2025), que registraram redução progressiva da resistência à compressão com o aumento do teor de PET reciclado, acompanhada pela diminuição da densidade e pelo incremento do amortecimento acústico. Esses resultados evidenciam que reduções de resistência nem sempre representam desempenho inferior, devendo ser interpretadas em função da aplicação prevista para a argamassa, especialmente quando o objetivo é produzir materiais leves ou com maior capacidade de absorção de vibrações e isolamento acústico.

Outro parâmetro frequentemente discutido foi o módulo de elasticidade, cuja interpretação depende das condições de uso da argamassa. Enquanto misturas contendo escória de aciaria apresentaram aumentos de até 44,3% no módulo de elasticidade, formulações produzidas com escória de forno-panela, cinza da casca de arroz e fibras naturais registraram redução da rigidez dinâmica. Essas diferenças evidenciam que maiores valores de módulo de elasticidade não representam, necessariamente, melhor desempenho tecnológico, pois argamassas destinadas ao revestimento frequentemente se beneficiam de materiais mais deformáveis, capazes de acomodar movimentações da base e reduzir a suscetibilidade à fissuração (Amancio *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2023; Batista *et al.*, 2026).

Em síntese, a literatura evidencia que o desempenho mecânico das argamassas contendo resíduos sólidos resulta do equilíbrio entre os mecanismos físicos e químicos promovidos pelo material incorporado. Resíduos de elevada finura, capazes de atuar como fíler ou desenvolver atividade pozolânica, tendem a preservar ou aumentar a resistência por meio do refinamento da microestrutura e da formação adicional de produtos de hidratação. Em contrapartida, resíduos predominantemente inertes ou empregados em teores elevados exigem rigoroso controle da dosagem para evitar aumento da porosidade e perdas de desempenho. Assim, a viabilidade mecânica da incorporação de resíduos depende da compatibilidade entre as características do material, a estratégia de incorporação e a aplicação pretendida para a argamassa, o que explica a diversidade de resultados observada entre os estudos analisados.

Influência dos Resíduos nas Propriedades de Durabilidade

A durabilidade constitui um dos principais critérios para avaliar a viabilidade da

incorporação de resíduos sólidos em argamassas, por estar diretamente relacionada à capacidade do material de resistir à ação de agentes físicos, químicos e ambientais ao longo da vida útil. Entre os estudos analisados, as propriedades mais frequentemente avaliadas foram absorção de água por imersão, absorção por capilaridade, índice de vazios, porosidade, carbonatação, resistência ao ataque por sulfatos, lixiviação de contaminantes e alterações microestruturais. Em conjunto, os resultados indicam que o desempenho em durabilidade depende principalmente da qualidade da microestrutura formada, sendo influenciado pela granulometria, atividade pozolânica, teor de substituição e conectividade da rede de poros, mais do que pela origem do resíduo.

Uma das tendências mais consistentes observadas foi a melhoria da durabilidade quando resíduos finamente divididos promoveram refinamento da microestrutura e melhor empacotamento das partículas. Fonsêca *et al.* (2025), ao utilizarem resíduos de lapidação de vidro e cinza de madeira, verificaram redução significativa da porosidade e da absorção capilar, acompanhada por incremento da resistência mecânica. Resultados semelhantes foram obtidos por Almada, Santos e Souza (2022), que registraram redução aproximada de 6,9% na porosidade das argamassas contendo resíduo de mármore e granito, sem prejuízo da trabalhabilidade quando empregado plastificante. Lopes *et al.* (2021) também atribuíram o bom desempenho de argamassas com vidro moído à elevada finura do material, cujo diâmetro mediano de partículas (D50) de aproximadamente 10 µm favoreceu o efeito filer e o preenchimento dos vazios da matriz cimentícia. Em conjunto, esses estudos demonstram que o refinamento da estrutura porosa reduz a absorção de água e dificulta a penetração de agentes agressivos, favorecendo a durabilidade.

Entretanto, o comportamento dos resíduos depende não apenas da finura, mas também da composição química e do teor de incorporação. Santos *et al.* (2024) verificaram que o resíduo de lapidação de vidro reduziu a absorção em aproximadamente 25% e a capilaridade em cerca de 32% aos 72 dias quando empregado em teores moderados, enquanto maiores percentuais reduziram esses benefícios. Da mesma forma, Ribeiro *et al.* (2021) observaram que a incorporação de 10% de cinza granulada de carvão vegetal reduziu a absorção por imersão para 8,16%, o coeficiente de capilaridade para aproximadamente 0,93 g/cm² e o volume de vazios para 16,67%. Esses resultados indicam que resíduos agroindustriais também podem contribuir para o refinamento da estrutura porosa, desde que empregados em proporções adequadas.

Em contraste, o aumento excessivo do teor de substituição favoreceu a formação de matrizes mais permeáveis em diferentes tipos de resíduos. Foram registrados aumentos da absorção de água, da capilaridade e da porosidade total em argamassas produzidas com escória

de forno-panela, cinza da casca de arroz, resíduo de carvão mineral e agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. De modo geral, esses efeitos foram associados ao aumento da relação água/aglomerante, à baixa reatividade de determinados materiais e ao desenvolvimento de uma rede de poros mais conectada, favorecendo o transporte de água e de agentes agressivos para o interior da matriz cimentícia (Souza *et al.*, 2023; Trentin *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2022).

Outro aspecto recorrente refere-se à estabilidade química em ambientes agressivos. Santos *et al.* (2024) verificaram melhora da resistência ao ataque por sulfatos em argamassas contendo resíduo de vidro, associando esse comportamento ao refinamento da microestrutura. Em contrapartida, Batista *et al.* (2026) observaram que a utilização de resíduos de dragagem portuária comprometeu significativamente a durabilidade de misturas produzidas com cimento sulfoaluminato de cálcio, em razão da elevada concentração de cloretos, levando inclusive à degradação de algumas amostras após sucessivos ciclos de exposição salina. Esses resultados evidenciam que o desempenho em ambientes agressivos depende tanto da qualidade da microestrutura quanto da composição química do resíduo incorporado.

A avaliação da durabilidade também foi ampliada por estudos voltados ao potencial de liberação de contaminantes. A utilização conjunta de lama vermelha e resíduo de caulim calcinado reduziu entre 22,3% e 57,2% a lixiviação de sódio, indicando estabilização parcial dos constituintes potencialmente solúveis. Em contrapartida, argamassas produzidas com resíduos de placas de circuito impresso apresentaram concentrações de bário e fenóis acima dos limites estabelecidos nos ensaios de solubilização, embora permanecessem classificadas como resíduos Classe II A (não perigosos e não inertes). Esses resultados demonstram que a viabilidade ambiental da incorporação de resíduos deve considerar não apenas o desempenho mecânico, mas também a estabilidade química do material ao longo de sua vida útil (Arruda Junior; Barata; Secco, 2022; Ferrari *et al.*, 2022).

Além da resistência aos agentes químicos, alguns estudos evidenciaram benefícios funcionais decorrentes das modificações na estrutura porosa. Silva *et al.* (2021) observaram que a incorporação de resíduos de madeira reduziu em aproximadamente 40% a absorção capilar, além de diminuir a densidade da argamassa e melhorar seu desempenho térmico. Resultados semelhantes foram observados por Batista *et al.* (2026), que registraram maior capacidade de dissipação de energia em misturas contendo borracha de pneus, vermiculita expandida e fibras de sisal, embora acompanhada por aumento da absorção e do índice de vazios. Brandão *et al.* (2025)

também verificaram que a incorporação de PET reciclado reduziu progressivamente a densidade e favoreceu o amortecimento acústico, ainda que acompanhada por perdas de resistência mecânica. Esses resultados indicam que pequenas reduções em parâmetros tradicionais de durabilidade podem ser compensadas por ganhos funcionais, desde que compatíveis com a aplicação prevista.

Os resultados discutidos indicam que a durabilidade das argamassas contendo resíduos sólidos é governada principalmente pela microestrutura desenvolvida durante a hidratação e pela interação entre as características físicas e químicas do resíduo e a matriz cimentícia. Resíduos capazes de promover refinamento da estrutura porosa, melhor empacotamento das partículas ou atividade pozolânica tendem a reduzir a permeabilidade e aumentar a resistência ao transporte de agentes agressivos. Em contrapartida, materiais empregados em teores elevados, com baixa reatividade ou elevada demanda de água, favorecem o aumento da porosidade conectada e comprometem o desempenho em longo prazo. Assim, a viabilidade da incorporação de resíduos depende da adequada seleção do material, do teor de substituição e da estratégia de dosagem adotada, e não exclusivamente da origem do resíduo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão evidenciou que a incorporação de resíduos sólidos em argamassas constitui uma alternativa tecnicamente viável para reduzir o consumo de matérias-primas naturais e promover o reaproveitamento de materiais provenientes de diferentes cadeias produtivas, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas construtivos mais sustentáveis. Os estudos analisados demonstram que resíduos oriundos da mineração, siderurgia, indústria cerâmica, indústria vidreira, construção civil, geração de energia, agroindústria e outros segmentos apresentam potencial de aplicação, desde que suas características físicas, químicas e mineralógicas sejam compatíveis com a função desempenhada na matriz cimentícia.

Em relação às propriedades no estado fresco, verificou-se que a granulometria, a área superficial específica, a forma das partículas e a capacidade de absorção de água são os principais fatores responsáveis pelas alterações na trabalhabilidade, retenção de água, densidade e comportamento reológico. Resíduos de elevada finura tendem a aumentar a demanda de água quando empregados em teores elevados, enquanto materiais capazes de promover melhor empacotamento das partículas ou utilizados em conjunto com aditivos plastificantes podem

preservar ou melhorar a consistência da mistura.

Quanto às propriedades mecânicas, observou-se que o desempenho resulta do equilíbrio entre os efeitos físicos e químicos promovidos pelos resíduos. Em diversos estudos, materiais finamente moídos ou com atividade pozolânica contribuíram para a manutenção ou o aumento da resistência à compressão e da resistência à tração na flexão em decorrência do refinamento da microestrutura e da melhoria da zona de transição interfacial. Em contrapartida, resíduos empregados em teores elevados ou com baixa reatividade favoreceram o aumento da porosidade e a redução da continuidade da matriz cimentícia, evidenciando a necessidade de otimização da dosagem para cada material.

No que se refere à durabilidade, verificou-se que o comportamento das argamassas está diretamente relacionado à qualidade da microestrutura desenvolvida. Resíduos capazes de reduzir a porosidade conectada e a absorção de água favoreceram a resistência ao transporte de agentes agressivos, enquanto materiais que aumentaram a demanda de água ou a conectividade dos poros apresentaram maior suscetibilidade à penetração de umidade e compostos potencialmente deletérios. Além disso, alguns estudos evidenciaram que a avaliação da estabilidade química e da lixiviação de contaminantes deve complementar a análise do desempenho tecnológico, contribuindo para uma avaliação mais abrangente da viabilidade ambiental.

De forma geral, a revisão permitiu concluir que não existe um teor universal de substituição nem um resíduo intrinsecamente superior aos demais. O desempenho das argamassas depende da interação entre as características físicas e químicas do resíduo, o teor de incorporação, a estratégia de dosagem e a aplicação pretendida. Assim, materiais com propriedades semelhantes tendem a produzir respostas equivalentes, independentemente de sua origem, reforçando que a caracterização prévia do resíduo constitui etapa indispensável para sua utilização.

Por fim, embora os avanços observados demonstrem o potencial da incorporação de resíduos sólidos em argamassas, ainda são necessários estudos que ampliem o conhecimento sobre o comportamento desses materiais em longo prazo, em diferentes condições de exposição e em aplicações representativas da prática construtiva. O aprofundamento dessas investigações contribuirá para consolidar o conhecimento científico existente, ampliar a confiabilidade dos resultados e fortalecer a utilização segura e eficiente de resíduos sólidos na produção de argamassas.

REFERÊNCIAS

- ALMADA, B. S.; SANTOS, W. J. dos; SOUZA, S. R. Marble and granite waste as mineral addition in mortars with different water-cement ratios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 4, p. 7–22, out./dez. 2022. DOI: 10.1590/S1678-86212022000400624.
- AMANCIO, F. A.; DIAS, A. R. de O.; LIMA, D. A.; et al. Estudo do comportamento no estado fresco e endurecido de argamassa com escória de aciaria BSSF. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, e13031, 2021. DOI: 10.1590/S1517-707620210003.13031.
- ARRUDA JUNIOR, E. S.; BARATA, M. S.; SECCO, P.; CARVALHO, E. S. The use of red mud and kaolin waste in the production of a new building material: pozzolanic pigment for colored concrete and mortar. **Revista Matéria**, v. 27, n. 3, 2022. DOI: 10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0149.
- BARRETO, S. L. O. Argamassa com substituição parcial do agregado miúdo convencional por resíduo de EPS. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: Repositório Institucional da UFS (RI/UFS). Acesso em: 3 ago. 2026.
- BATISTA, I. D.; NATALLI, J. F.; MARVILA, M. T.; CARNEIRO, J. C.; SILVA, L. G. C. H. da; AZEVEDO, A. R. G. de. Partial replacement of cement with port dredging waste in the production of coating mortars. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 33, p. 4445–4466, 2026. DOI: 10.1007/s11356-026-37561-x.
- BATISTA, Y. M. S.; SANTOS, J. S.; SANTOS, A. J. dos; MELO, F. M. C. de; MACEDO, Z. S.; BATISTA, D. F.; UENO, O. K.; SANTOS, C. P. dos; OLIVEIRA, H. et al. Mortar incorporating tire rubber waste: mechanical and acoustic insulation properties. **Academia Materials Science**, v. 3, 2026. DOI: 10.20935/AcadMatSci8161.
- BECKER, A. R. Estudo das propriedades físico-mecânicas e acústicas de argamassas produzidas com substituição parcial do agregado miúdo por argila expandida. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2021. Disponível em: Repositório da UNICAMP. Acesso em: 3 ago. 2026.
- BRANDÃO, R. de S.; OLIVEIRA, G. dos S. de; ABREU, R. F. de; LIMA, J. A. P.; ALEXANDRE, J. Construção sustentável e inteligente: análise de argamassas com incorporação de PET-PCR por espectroscopia acústica de impacto. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 13, n. 89, 2025. DOI: 10.17271/23188472138920256173.
- CAROLINO, A. L. de P.; ROSA, J. L.; BORGES, S. P. T.; RIBEIRO, R. B.; SILVA, J. W. de J. Utilização de resíduo de construção civil para produção de cobogó de argamassa cimentícia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e27210716185, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16185.
- CENTENARO, S. H.; SILVA, J. A. G. da; PAULINO, R. S. Uso de cinzas de biomassa geradas na agroindústria do malte para produção de argamassas. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 158–176, maio/ago. 2021. DOI: 10.12957/ric.2021.54512.

DA ROCHA PATRÍCIO, S.; MENDONÇA, A. M. G. D.; RODRIGUES, J. K. G.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, D. do N. S.; PATRÍCIO, J. D. Comportamento mecânico de argamassas produzidas com PET triturado em substituição parcial ao agregado convencional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e13211426422, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.26422.

DE PAULA JUNIOR, W. R.; OLIVEIRA, C. A. de S. Avaliação da utilização do rejeito de minério de ferro na formulação de argamassas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e0211425954, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.25954.

FERRARI, J. R.; SILVA, R. V. da; LOUZADA, D. M.; TINTI, I. M. Reaproveitamento do substrato de placas de circuito impresso na produção de argamassas. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 19, e2656, 2022. DOI: 10.4322/2176-1523.20222656.

FONSÊCA, G. M.; MELO, F. M. C. de; SANTOS, E. A.; et al. Estudo das propriedades físicas, mecânicas e da durabilidade de argamassas sustentáveis com resíduos de vidro e cinzas de madeira. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 25, e140089, jan./dez. 2025. DOI: 10.1590/S1678-86212025000100832.

GONÇALVES, C. F.; SOARES, A. F.; PAULA, H. M. Caracterização e viabilidade de utilização de cinzas de biomassa vegetal em argamassa. **Revista ALCONPAT**, v. 11, n. 2, p. 1–16, 2021. DOI: 10.21041/ra.v11i2.484.

LOPES, R. K.; PIOVESAN, J. C.; TUTIKIAN, B. F.; GRONDONA, A. E. B. Partial replacement of Portland cement with industrial glass waste in mortars. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 14, n. 2, e14214, 2021. DOI: 10.1590/S1983-41952021000200014.

MOREIRA, B. C. Análise das propriedades de argamassa com adição de pérolas de poliestireno expandido. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura) – Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2022. Disponível em: Repositório Institucional da UFSC. Acesso em: 3 ago. 2026.

MOURÃO, A. B.; SANTOS, L. C. G. de S.; DIAS, A. de M.; RAMOS, L. T. da S.; MORAIS, I. I. B. Utilização de sílica de casca de arroz em argamassas em substituição parcial do cimento Portland. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 2, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmm.v2i1.2140.

NEGRINI, J. G.; GURKEWICZ, R. de P.; WANDERLIND, A.; SAVI, A. E.; PIVA, J. H.; ANTUNES, E. G. P. Análise da influência da substituição parcial de agregado miúdo natural por resíduos de placas cerâmicas com distintos tratamentos de saturação em argamassas. **Cerâmica Industrial**, v. 28, n. 1, p. 1–13, 2023. DOI: 10.4322/cerind.2022.010.

PRATA, A. L. C. Análise da influência da adição de poliestireno expandido (EPS) nas propriedades físico-mecânicas e comportamento térmico de argamassas cimentícias. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022. Disponível em: Repositório Institucional da UFS (RI/UFS). Acesso em: 3 ago. 2026.

RIBEIRO, U. G.; SOUZA, C. de O.; GRONDONA, A. E. B.; KERN, A. P.; BREHM, F. A. Desempenho mecânico e durabilidade de argamassas contendo adições de resíduos de carvão

vegetal amazônico. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, e13015, 2021. DOI: 10.1590/S1517-707620210003.13015.

SANTOS, A. L. S. S.; ALVES, M. M.; PIMENTEL, Z. M. N. Adição de resíduos de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em concreto para pré-moldados: sustentabilidade para os atores da cadeia produtiva na costa norte da Amazônia brasileira. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e927998259, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.8259.

SANTOS, E. A.; ARAUJO, G. V. do N.; FONSÊCA, G. M.; et al. Influência da incorporação de resíduo de lapidação de vidro nas propriedades da argamassa de cimento Portland. **Revista Matéria**, v. 29, n. 2, 2024. DOI: 10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0330.

SANTOS, M. F. dos; GOUVEIA, B. G.; SOUZA, A. R. de; FERREIRA JÚNIOR, E. L.; SILVA, A. P. M. G.; CARNEIRO, M. L. Fly ash mortar from asphalt plant for 3D construction printing. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 12, p. 26903–26921, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N12-112.

SILVA, J. A. da; PIVA, J. H.; WANDERLIND, A.; SAVI, A. E.; ANTUNES, E. G. P. Análise das características físicas e propriedades mecânicas de argamassa com inserção de resíduos de madeira. **Revista Matéria**, v. 26, n. 3, e13008, 2021. DOI: 10.1590/S1517-707620210003.13008.

SOUSA, M. I. C.; SANTANA, T. da S.; CORRÊA, C. A. R.; RÊGO, J. H. da S.; PEREIRA, C. H. de A. F. Avaliação da resistência à compressão, porosidade e espessura de microfissura na zona de transição em argamassas com agregado miúdo reciclado. **Revista Matéria**, v. 27, n. 2, e13198, 2022. DOI: 10.1590/S1517-707620220002.1398.

SOUZA, E. de F. C. de; SILVA, T. F. da; CASTRO, M. A. de; FERREIRA, G. C. dos S. Combined Use of Ladle Furnace Slag and Rice Husk Ash as a Supplementary Cementitious Material. **Materials Research**, v. 26, e20230069, 2023. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2023-0069.

TRENTIN, P. O.; SCHIMELFENIG, B.; TEIXEIRA, K. P. M. W.; SILVA, M. T. Q. S. da; BIMBATI, F. C.; MATOSKI, A. Análise da influência de carvão mineral (RCM) em argamassas mistas: adição e substituição ao cimento Portland. **Revista Matéria**, v. 27, n. 2, e13191, 2022. DOI: 10.1590/S1517-707620220002.1391.

VIANA, M. R.; AMARAL, L. de O.; MANGAS, M. B. P.; HOPPE FILHO, J.; SOARES, S. M. Physico-chemical characterization of paint industry residues for incorporation in cementitious matrix. **Revista Matéria**, v. 27, n. 2, e13180, 2022. DOI: 10.1590/S1517-707620220002.1380.