

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL

CLAIR JOSÉ FRIGHETTO

**INFLUÊNCIA DE PARTÍCULAS POLIMÉRICAS EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO**

Farroupilha
2025

CLAIR JOSÉ FRIGHETTO

**INFLUÊNCIA DE PARTÍCULAS POLIMÉRICAS EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Engenharia de Materiais para a obtenção do grau de Mestre Profissional em Tecnologia e Engenharia de Materiais.

Área de Concentração: Tecnologia e Engenharia de Materiais

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento de Materiais de Engenharia

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Francisquetti

FARROUPILHA

2025

CIP - Catalogação na publicação

Frighetto, Clair José
Influência de partículas poliméricas em argamassas
de revestimento / Clair José Frighetto. -- 2025.
42 f.
Orientador: Edson Luiz Francisquetti.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul,
Campus Farroupilha, Mestrado Profissional em Tecnologia
e Engenharia de Materiais - PPGTEM, Farroupilha, BR-RS,
2025.

1. Argamassas Cimentícias. 2. Resíduos poliméricos
(PP/PE). 3. Substituição do agregado miúdo. 4.
Propriedades mecânicas e físicas. 5. Economia circular.
I. Francisquetti, Edson Luiz. II. Título.

CLAIR JOSÉ FRIGHETTO

**INFLUÊNCIA DE PARTÍCULAS POLIMÉRICAS EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO**

Trabalho Final apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Engenharia de Materiais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Profissional em Tecnologia e Engenharia de Materiais.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mara Zeni de Andrade - IFRS

Prof. Dr. Gustavo da Costa Borowski – IFSUL

Prof^a. Dr^a. Ruth Marlene Campomanes Santana - UFRGS

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Francisquetti - IFRS

Apresentado e aprovado em: 24, de setembro de 2025.

Local da defesa: Farroupilha, RS

RESUMO

Cada vez mais os resíduos poliméricos tem sido apontados como elementos importante na preservação ambiental, por meio do reaproveitamento e reprocessamento principalmente de resíduos pós reciclagem. Este trabalho propõe o desenvolvimento e avalia a viabilidade técnica e potencial ambiental da incorporação de resíduos poliméricos pós-reciclagem como substituto parcial do agregado miúdo em argamassas cimentícias. O resíduo fino, proveniente de etapas industriais de reciclagem, foi caracterizado por FTIR-ATR (identificando predominantemente PP e PE) e por análise granulométrica. Produziram-se quatro composições: referência (S0) e misturas com 2,5% (S2,5), 5% (S5) e 10% (S10) de substituição volumétrica. Para isolar o efeito do resíduo sobre o desempenho, padronizou-se a consistência em 260 ± 5 mm, mediante ajustes combinados de água e aditivo plastificante, observando-se demanda crescente de aditivo com o teor de polímero. No estado endurecido, avaliaram-se, resistência à tração na flexão e resistência à compressão aos 7 e 28 dias. Na análise a resistência a tração na flexão aos 28 dias, S2,5 apresentou melhor desempenho, leve ganho (8,92MPa referência para 9,36Mpa S2,5). Na análise de compressão, observou-se redução em todas as amostras em relação a referência e diminuição de resistência com o aumento do teor de resíduos poliméricos, sendo a amostra S2,5 a que apresentou melhor desempenho ao 28 dias (12,88Mpa para S2,5 e 18,35 para referência). Conclui-se que apesar diminuição de resistência a compressão e pequeno aumento na resistência a tração na flexão, é tecnicamente viável manter a trabalhabilidade alvo, obter propriedades para utilização da argamassa produzida com resíduos poliméricos. O traço S2,5 se destaca como traço de melhor desempenho.

Palavras-chave: Argamassas cimentícias, Resíduos poliméricos (PP/PE), Substituição do agregado miúdo, Propriedades mecânicas e físicas, Economia circular.

ABSTRACT

Polymeric waste has increasingly been recognized as an important element in environmental preservation, through the reuse and reprocessing of post-recycling residues. This study proposes the development and evaluates the technical feasibility and environmental potential of incorporating post-recycling polymeric waste as a partial substitute for fine aggregate in cementitious mortars. The fine waste, originating from industrial recycling stages, was characterized by FTIR-ATR (identifying predominantly PP and PE) and granulometric analysis. Four mortar compositions were produced: a reference (S0) and mixtures with 2.5% (S2.5), 5% (S5), and 10% (S10) volumetric substitution. To isolate the effect of the waste on performance, consistency was standardized at 260 ± 5 mm through combined adjustments of water and plasticizer, with an increasing demand for admixture observed as the polymer content increased. In the hardened state, flexural tensile strength and compressive strength were evaluated at 7 and 28 days. For flexural strength at 28 days, S2.5 showed the best performance, with a slight gain (from 8.92 MPa in the reference to 9.36 MPa in S2.5). In the compressive strength analysis, all samples showed a reduction compared to the reference, with strength decreasing as the polymeric waste content increased; S2.5 presented the best result at 28 days (12.88 MPa for S2.5 versus 18.35 MPa for the reference). It is concluded that, despite the reduction in compressive strength and the slight increase in flexural strength, it is technically feasible to maintain the target workability and achieve suitable properties for the use of mortars incorporating polymeric waste. The S2.5 mixture stands out as the best-performing formulation.

Keywords: Cementitious mortars, Polymer residues (PP/PE), Fine aggregate replacement, Mechanical and physical Properties, Circular economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Simbologia empregada para diferenciar os vários tipos de plásticos reutilizados.	13
Figura 2: Avaliação do ciclo de vida dos polímeros.....	17
Figura 3: Processo de obtenção dos corpos de prova: Preparação da argamassa (a), moldagem dos corpos de prova (b), corpos de prova desmoldados (c), cura dos corpos de prova (d), rompimento dos corpos de prova a compressão (e) e corpo de prova rompido (f).	23
Figura 4: Etapas do ensaio de consistência: Enchimento do cone (a), amostra antes do ensaio (b), amostra após ensaio (c), conforme NBR16541(2016).....	23
Figura 5: Análise FTIR_ATR de amostras do resíduo polimérico utilizado na produção das amostras.	24
Figura 6: Ensaio de Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC) dos resíduos poliméricos	25
Figura 7: Análise termogravimétrica (TGA) dos resíduos poliméricos.....	26
Figura 8: Curva granulométrica da areia	27
Figura 9: Análise de consistência e relação água cimento das amostras produzidas.	29
Figura 10: Resistência a compressão das amostras aos 7 e 28 dias de cura.....	30
Figura 11: Resistência a tração na flexão das amostras aos 7 e 28 dias de cura.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características e procedência dos materiais utilizados.....	21
Tabela 2 - Composição das amostras traço 1:1:3 em massa.....	22
Tabela 3 - Consistência das amostras e quantidades de aditivo plastificante e água para obter consistência de $260\text{mm} \pm 5\text{mm}$	28
Tabela 4 - Consistência das amostras e quantidades de aditivo plastificante e água para obter consistência de $260\text{mm} \pm 5\text{mm}$	31
Tabela 5 - Resistência a tração na flexão media e desvio padrão aos 7 e 28 dias.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 RESÍDUOS POLIMÉRICOS	13
2.2 ECONOMIA CIRCULAR E RECICLAGEM DE POLÍMEROS	16
2.3 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1 MATERIAIS	21
3.2 MÉTODOS	21
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	24
4.1 ANÁLISE FTIR-ATR RESÍDUO POLIMÉRICO	24
4.2 ANÁLISE DSC RESÍDUO POLIMÉRICO	25
4.2 ANÁLISE TGA RESÍDUO POLIMÉRICO	26
4.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA AGREGADO MIÚDO	27
4.4 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA ARGAMASSA PRODUZIDA.....	28
4.4 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	30
4.5 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO	32
5 CONCLUSÕES	34
5.1 POSSIBILIDADES DE TRABALHOS FUTUROS	34
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A demanda por recursos naturais, como água, materiais metálicos e derivados do petróleo, para suprir as necessidades básicas da população, aliada aos processos de industrialização desses recursos, resulta, segundo Poletto (2017), no aumento da geração de resíduos. Entre esses resíduos, os poliméricos são os mais abundantes. Devido às suas boas propriedades mecânicas, químicas e facilidade de processamento, aliados ao baixo custo, os materiais poliméricos são amplamente utilizados na fabricação de embalagens e produtos, principalmente os descartáveis, entre outras aplicações. Entre as demandas oriundas do crescimento populacional, também está a necessidade de habitação, requerendo também grandes volumes de materiais para construção, que em seus processos de produção e na construção direta, pode-se destacar, água, cimento, areia, metais, entre outros.

A metodologia da economia circular ajuda a diminuir os impactos ambientais causados por resíduos, tentando manter os materiais em um ciclo de transformação, utilização, reutilização ou reciclagem. O aperfeiçoamento das técnicas de reciclagem, associado ao desenvolvimento de novos materiais e às políticas públicas ambientais, são temas amplamente discutidos com o objetivo de promover a economia, o reaproveitamento de materiais e a redução dos impactos ambientais.

A reciclagem de materiais poliméricos pós-consumo busca reutilizá-los em outros processos produtivos. A reciclagem mecânica é o processo mais indicado para materiais poliméricos pós-consumo, que envolve trituração em moinho de facas, lavagem em tanque com água, secagem, extrusão e peletização, possibilitando uso em novos processos de produção. Segundo Lago (2022), após uma etapa de processamento, as propriedades mecânicas desses materiais podem ser alteradas, exigindo novas aplicações

No contexto da construção civil, a indústria de materiais cimentícios, particularmente o concreto e a argamassa, enfrenta desafios significativos relacionados à sustentabilidade e ao impacto ambiental. A argamassa, composta por cimento, cal, areia e água, é um componente crucial na construção, usada para revestimentos, vedação e acabamentos arquitetônicos. A crescente demanda por areia, um dos principais componentes da argamassa, impõe uma pressão considerável sobre os recursos naturais. A integração de polímeros reciclados na argamassa, oferece uma solução para a gestão de resíduos, e também visa melhorar

as propriedades do material resultante. O desempenho das propriedades físicas e mecânicas das argamassas com incorporação de materiais poliméricos está diretamente relacionado ao traço adotado, como destacado por Barboza et al (2023), há um traço com concentração ideal para que o compósito produzido propicie melhora nas propriedades. As características dos polímeros, como flexibilidade, resistência mecânica e impermeabilização, podem ser aproveitadas para desenvolver argamassas com desempenho superior. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de caracterizar resíduos poliméricos e avaliar seu comportamento na formulação de argamassas através de ensaios de resistência mecânica, a partir da substituição de percentuais de areia por resíduos poliméricos reciclados.

1.1 Justificativa e problema

Buscando atender às necessidades críticas do cenário atual, a reutilização de materiais poliméricos se apresenta como uma solução promissora para o desenvolvimento de novos materiais, especialmente para resíduos oriundos do processo de reciclagem. Durante a moagem, forma-se pós finos e pequenas fibras, que se acumulam nos tanques de lavagem e precisam ser removidos para não prejudicar a continuidade da reciclagem. Esses resíduos, segundo Faria et al (2025), pela baixa granulometria, não podem ser reincorporados ao processamento para a fabricação de novos pellets, pois, quando misturados a partículas maiores durante a peletização, queimam e geram carvão (pontos pretos no polímero reciclado), comprometendo a qualidade do material final. Assim, acabam sendo descartados, ampliando a problemática ambiental.

Neste cenário, diferentes pesquisas têm evidenciado a viabilidade da utilização desses resíduos em matrizes cimentícias, destacando ganhos ambientais e funcionais. Garcia et al. (2021), demonstraram que a incorporação de resíduos de polipropileno triturado em argamassas pode reduzir a densidade e modificar propriedades no estado fresco e endurecido, ainda que haja diminuição da resistência à compressão. Já Fernandes (2023), evidenciou que microfibras de polipropileno, quando utilizadas em concretos, melhoram a ductilidade e a resistência à tração e à flexão, apontando para o potencial desses resíduos como reforço de desempenho. Da mesma forma, Aguiar Neto (2020), verificou que resíduos de polietileno e polipropileno podem

substituir parcial ou totalmente o agregado miúdo e até o cimento Portland em argamassas, reforçando a importância de valorizar rejeitos que, em geral, seriam descartados. Complementarmente, Prata (2022), mostrou que a adição de poliestireno expandido (EPS) em argamassas de revestimento, além de reduzir a massa específica, proporciona ganhos em isolamento térmico, alinhando-se às exigências da NBR 15.575. Oliveira (2025), avaliou a substituição parcial de areia por resíduos de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) em argamassas para chapas cimentícias obtendo boa performance mecânica em determinada faixa de substituição.

Este projeto de pesquisa, portanto, propõe o desenvolvimento de uma argamassa a partir dos resíduos do processo de reciclagem de polímeros, integrando a funcionalidade tradicional das argamassas de revestimento, como elemento de vedação e de valor estético arquitetônico, com as vantagens proporcionadas pelos polímeros, tais como maior flexibilidade, melhoria do desempenho mecânico e propriedades de impermeabilização. Essa abordagem, fundamentada em estudos anteriores e voltada à aplicação prática, busca não apenas melhorar as propriedades dos materiais de construção, mas também contribuir para a sustentabilidade e para a redução dos impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado de resíduos poliméricos.

1.2 Objetivos

Buscando compreender a influência de partículas poliméricas provenientes de processo de reciclagem nas propriedades de argamassas de revestimento.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho das propriedades físicas de argamassas de revestimento com utilização de resíduos poliméricos provenientes do processo de reciclagem em diferentes percentuais de substituição.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os resíduos poliméricos quanto a sua composição.

- Substituir o agregado miúdo nos percentuais de 2,5%, 5% e 10%.
- Avaliar a resistência à flexão para diferentes percentuais de substituição (2,5%, 5% e 10%).
- Manter o índice de consistência de $260\text{mm} \pm 5\text{mm}$ com uso de aditivo plastificante.
- Determinar o traço de melhor desempenho.

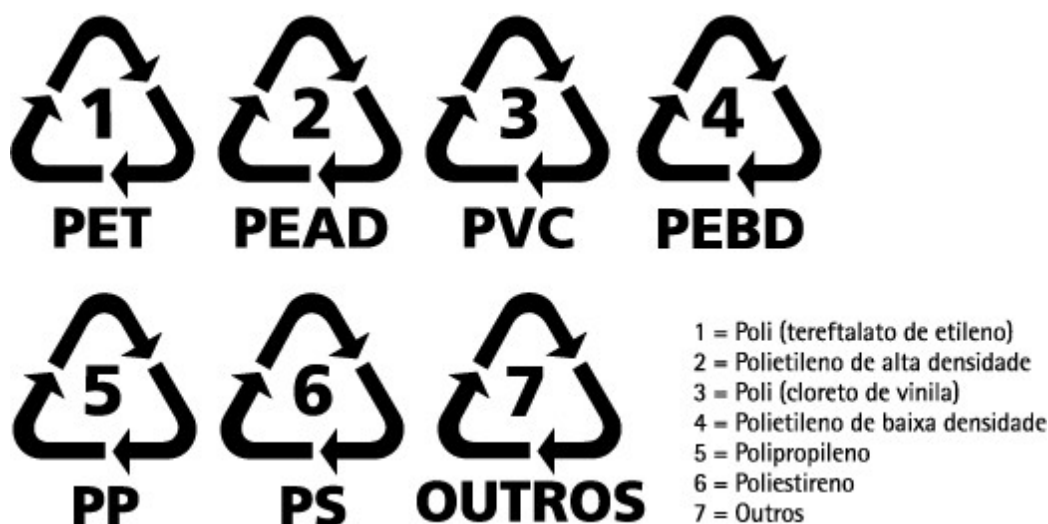
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Resíduos Poliméricos

Os resíduos poliméricos ocupam papel de destaque na sociedade contemporânea devido à ampla utilização dos plásticos nos setores produtivos, especialmente nas indústrias de embalagens, construção civil, automotiva e eletroeletrônica. Entre os principais polímeros utilizados destacam-se o polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), politereftalato de etileno (PET), policloreto de vinila (PVC) e poliestireno (PS), que juntos representam cerca de 90% do consumo nacional (Aguiar Neto, 2020).

Para facilitar o processo de separação dos plásticos reutilizáveis, segundo Abiplast (2025), foi estabelecido no Brasil, pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), na Norma NBR 13.230 2006, um sistema de codificação de produtos plásticos que consiste em um símbolo com três setas em sequência, identificando o tipo de plástico com o qual o produto foi fabricado, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Simbologia empregada para diferenciar os vários tipos de plásticos reutilizados.



Fonte: Adaptado de Abiplast (2025).

A origem desses resíduos conforme Garcia et al. (2021), pode ser dividida em pós-consumo, provenientes de embalagens, sacolas, garrafas e utensílios domésticos, que representam grande desafio ambiental devido à dispersão e contaminação, e pós-industriais, gerados durante os processos de manufatura, como sobras de moldagem e peças com defeito. Enquanto os resíduos pós-industriais possuem maior potencial de reaproveitamento, por não apresentarem contaminantes, os resíduos pós-consumo demandam processos complexos de separação e higienização.

Além disso, segundo Prudêncio (2021), é importante distinguir os termoplásticos dos termofixos. Os termoplásticos, como PE, PP e PET, podem ser fundidos e remodelados diversas vezes, o que os torna mais adequados à reciclagem mecânica. Já os termofixos, como o poliuretano (PU) e as resinas epóxi, possuem estrutura química irreversível após a cura, sendo sua reciclagem limitada a processos químicos ou energéticos. Farias (2021), demonstrou essa dificuldade ao investigar resíduos de poliuretano provenientes de refrigeradores, observando a necessidade de controle de granulometria e teor para viabilizar seu uso em argamassas.

Diversos setores industriais, segundo Aguiar Neto (2020), são responsáveis pela geração de resíduos poliméricos, com destaque para as indústrias de embalagens, construção civil, agricultura, automotiva e eletroeletrônica. A indústria de embalagens, por exemplo, contribui significativamente para o volume de resíduos devido ao uso extensivo de plásticos descartáveis, como sacolas e garrafas PET. No setor agrícola, materiais como filmes plásticos para estufas, mangueiras de irrigação e embalagens de fertilizantes são fontes consideráveis de resíduos poliméricos. O descarte inadequado desses materiais pode causar sérios impactos ambientais, incluindo a contaminação do solo e dos corpos d'água. Conforme Fernandes et al (2025), para mitigar esses efeitos, é fundamental investir em infraestrutura para coleta seletiva, promover práticas de reciclagem e incentivar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para o reaproveitamento eficiente dos resíduos plásticos.

O impacto ambiental dos resíduos plásticos, conforme Aguiar Neto (2020), constitui um dos maiores desafios da atualidade, sobretudo em virtude da durabilidade e do longo tempo de degradação desses materiais, que pode ultrapassar quatro séculos. Segundo Schiavo et al. (2025), o acúmulo em aterros sanitários e a dispersão em ecossistemas terrestres e aquáticos intensificam os problemas ambientais, com

destaque para a formação das chamadas ilhas de plástico, compostas por grandes concentrações de resíduos nas correntes oceânicas.

Outro aspecto preocupante conforme Farias (2021), é a geração de microplásticos, partículas resultantes da fragmentação de plásticos maiores. Esses fragmentos podem ser ingeridos por organismos marinhos e acabar inseridos na cadeia alimentar, atingindo inclusive o ser humano. Além do risco físico, os microplásticos podem carregar substâncias tóxicas, como metais pesados e poluentes orgânicos persistentes, ampliando os riscos para a saúde pública. Complementam Schiavo et al. (2025), que a produção e o descarte inadequado de plásticos também estão relacionados às mudanças climáticas, pois, a fabricação desses materiais depende intensamente de derivados de petróleo e está associada à emissão de gases de efeito estufa. Como também, a incineração de resíduos plásticos em locais sem controle ambiental adequado libera dioxinas e furanos, que causam sérios problemas respiratórios.

Pesquisas recentes têm buscado alternativas para mitigar esses impactos por meio da aplicação de resíduos plásticos em materiais de construção. Temp et al (2025), avaliaram a produção de argamassa de revestimento com agregados de PET reciclado. Oliveira (2025), avaliou o efeito da substituição parcial da areia por resíduo de PEBD em argamassas geopoliméricas para a produção de chapas cimentícias. Teixeira et al (2024), produziram argamassas leves produzidas com partículas PET residuais em substituição parcial da areia. Garcia et al. (2021), estudaram a utilização de polipropileno triturado em argamassas, enquanto Prata (2022), analisou os efeitos do poliestireno expandido (EPS) sobre as propriedades físico-mecânicas e térmicas, e Farias (2021), avaliou o uso de poliuretano moído. Esses estudos evidenciam o potencial dos resíduos poliméricos na construção civil, conciliando desenvolvimento sustentável e redução da poluição.

Dessa forma, segundo Ferreira et al. (2020), a gestão dos resíduos poliméricos deve envolver políticas públicas de economia circular, incentivo à reciclagem mecânica, química e energética, além de conscientização social. A integração entre inovação tecnológica e regulamentação é essencial para reduzir os impactos ambientais e de saúde pública gerados pelo plástico.

2.2 Economia Circular e Reciclagem de Polímeros

A economia circular, conforme Ferreira et al. (2020), configura-se como um modelo econômico que busca reduzir o desperdício e maximizar a eficiência no uso de recursos por meio da reutilização, reciclagem e remanufatura de materiais. Diferente do modelo linear, baseado em extrair, produzir, consumir e descartar, a economia circular propõe a reintegração contínua dos resíduos ao ciclo produtivo, prolongando o ciclo de vida dos produtos e reduzindo impactos ambientais. No setor de polímeros, conforme Abiplast (2025), esse modelo é de especial relevância, uma vez que o plástico possui ampla aplicação em embalagens, construção civil, transportes e bens de consumo, mas apresenta baixa taxa de reaproveitamento global, inferior a 10%.

Entre os princípios fundamentais da economia circular conforme Mainardi et al. (2025), está o design sustentável, que busca conceber produtos que favoreçam a reutilização e a reciclagem. Isso inclui embalagens modulares, plásticos biodegradáveis e sistemas de fácil separação e processamento. A logística reversa, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos, também constitui uma ferramenta estratégica para o retorno dos materiais ao ciclo produtivo segundo Ferreira et al. (2021). Nesse contexto, o design circular aplicado ao setor de polímeros tem potencial para reduzir a dependência de matérias-primas fósseis, além de contribuir para a transição a um modelo mais sustentável.

A reciclagem de polímeros conforme Silva (2024), é uma estratégia essencial para reduzir o impacto ambiental dos plásticos e promover a sustentabilidade na indústria. Existem diferentes métodos de reciclagem, que variam conforme o tipo de polímero, o nível de contaminação e a viabilidade econômica do processo. O ciclo de vida dos polímeros é ilustrado na Figura 2, e segundo Abiplast (2025), os principais métodos incluem a reciclagem mecânica, a reciclagem química e a reciclagem energética, cada uma com suas vantagens e desafios.

Figura 2: Avaliação do ciclo de vida dos polímeros.



Fonte: Adaptado de Abiplast (2025).

A escolha do método adequado segundo Regaert et al. (2017), depende das características dos resíduos e do destino final dos materiais reciclados. A reciclagem química consiste na quebra dos polímeros em seus monômeros ou em substâncias químicas menores, permitindo a obtenção de matérias-primas para a fabricação de novos plásticos, sendo particularmente útil para resíduos altamente contaminados ou misturados. Métodos como pirólise, gasificação e solvolização possibilitam a conversão dos polímeros em combustíveis, óleos ou monômeros reutilizáveis, embora seu custo elevado e a complexidade da infraestrutura necessária ainda sejam desafios. A reciclagem energética transforma resíduos plásticos em energia térmica por meio da incineração controlada, sendo uma alternativa viável em locais com infraestrutura de reciclagem limitada ou para materiais não reaproveitáveis de outras formas; contudo, esse método é criticado por gerar emissões de gases poluentes e resultar na perda do potencial de reutilização dos materiais, devendo ser considerado apenas como última opção na hierarquia da gestão de resíduos. (Abiplast, 2025).

A reciclagem mecânica, conforme Abiplast (2025), é a técnica mais comum e envolve a coleta, separação, lavagem, trituração e reprocessamento dos plásticos. Esse método segundo Regaert et al (2017), é amplamente utilizado para polímeros

como PE, PP, PET e PS, que podem ser derretidos e remoldados sem perda significativa de suas propriedades. No entanto Schyns e Shavaer (2021), comentam que a reciclagem mecânica apresenta limitações, especialmente quando os resíduos estão contaminados com outros materiais ou quando há degradação da estrutura polimérica após múltiplos ciclos de reciclagem. Para superar esses desafios, novas tecnologias de purificação e reforço dos polímeros reciclados vêm sendo desenvolvidas.

2.3 Argamassas de Revestimento

As argamassas conforme Locatelli (2025), são compósitos formados por aglomerantes inorgânicos, agregados miúdos e água; podem receber adições minerais, aditivos químicos e fibras para ajustar comportamento no estado fresco e no estado endurecido. Quanto aos usos segundo Prata (2022), destacam-se: argamassas de assentamento, (união de blocos de alvenaria), argamassas de revestimento (proteção, regularização e acabamento de superfícies) e argamassas de uso específico (colantes, rejuntes, reparo entre outras). Em revestimento, o sistema em camadas, chapisco, emboço e reboco, confere ancoragem, regularização e acabamento, respectivamente (descrição consolidada em materiais didáticos e dissertações recentes sobre revestimentos).

Quanto a composição, Sinhorelli (2019), comenta podem ser simples (um único aglomerante), mistas (cimento + cal), aditivadas (plastificantes, incorporadores de ar, hidrofugantes) e especiais (leves ou térmicas com EPS, ou com adições lamelares como vermiculita). Conforme Prata (2022), adições leves reduzem massa específica e a condutividade térmica, enquanto adições lamelares melhoram retenção de água e capacidade de isolamento, sem ignorar ajustes de dosagem para manter coesão e aplicabilidade.

As propriedades essenciais, para revestimento, são: trabalhabilidade, aderência e resistências mecânicas. A trabalhabilidade (consistência, coesão, retenção de água) influenciam sobre espalhamento e acabamento; seu ajuste faz parte das metodologias de dosagem específicas para revestimentos, visando aplicação homogênea e mínima segregação (Santos, 2014). Aderência a capacidade

de ancoragem ao substrato e resistência a tensões de retração/variação térmica, diretamente ligada à textura do suporte, ao chapisco e ao teor de água do traço. Resistências mecânicas (compressão e tração na flexão) asseguram durabilidade frente a solicitações de serviço; estudos com polímeros mostram que a substituição parcial por plásticos em geral reduz a resistência, exigindo controle de teor e geometria do reforço/partícula para manter uso não estrutural (Garcia et al, 2021).

Agregado é o material granular e essencialmente inerte que compõe argamassas e concretos, podendo ser natural ou proveniente de britagem, e classifica-se, de modo geral, em miúdo e graúdo conforme sua função no compósito (Locatelli, 2025). A natureza do agregado e, sobretudo, sua curva granulométrica são determinantes para o comportamento do sistema, pois condicionam a trabalhabilidade, o consumo de água, a coesão e a porosidade, com reflexos diretos nas propriedades mecânicas e na durabilidade.

Quando parte do agregado miúdo natural é substituída por partículas leves ou plásticas, observa-se tendência de redução da massa específica e da rigidez, alterações na consistência e no ar incorporado, além de maior sensibilidade da interface matriz-partícula, recomendando ajustes de dosagem e uso em aplicações compatíveis com esse perfil de desempenho (Garcia et al., 2021). Em teores mais elevados, tais substituições costumam reduzir a velocidade de pulso ultrassônico e a resistência, ao passo que modelos empíricos baseados em ensaios não destrutivos auxiliam a estimar resistência e módulo dinâmico; por outro lado, ganhos de amortecimento podem favorecer o comportamento acústico do revestimento (Latroch et al., 2024).

As argamassas de revestimento segundo Locatelli (2025), desempenham um papel essencial na proteção e acabamento de edificações, sendo aplicadas tanto em ambientes internos quanto externos. Sua principal função é nivelar superfícies e proporcionar resistência mecânica, ao mesmo tempo em que contribuem para o isolamento térmico e acústico das construções. Dependendo da formulação, podem ser utilizadas em alvenarias de blocos cerâmicos, concreto e superfícies pré-moldadas, exigindo diferentes ajustes na composição para garantir aderência e durabilidade.

O desempenho das argamassas de revestimento conforme Garcia et al (2021), está diretamente relacionado às suas propriedades reológicas e térmicas. A

trabalhabilidade e a retenção de água influenciam a aplicação e a resistência final do material, enquanto aditivos minerais, podem aumentar a capacidade de isolamento térmico. Além disso, fatores como a granulometria dos agregados e a cura adequada impactam a resistência à fissuração e ao desgaste, tornando a escolha dos materiais um aspecto crítico para a qualidade do revestimento.

Para Castro (2024), A inovação no desenvolvimento de argamassas tem permitido a criação de formulações mais sustentáveis e de alto desempenho. Pesquisas recentes mostram que a incorporação de resíduos industriais, como pó de vidro e poliestireno expandido, pode melhorar a resistência mecânica e reduzir a massa da argamassa sem comprometer sua durabilidade. Conforme Barboza et al. (2023), a utilização de novos materiais e técnicas na formulação das argamassas de revestimento representa um avanço importante para a eficiência da construção civil, promovendo maior sustentabilidade e desempenho superior das edificações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Argamassas cimentícias para aplicação em revestimento tem sua composição básica, aglomerante (cimento e cal), agregados (areia) e água. Neste trabalho substituiu-se parcialmente a areia por resíduos poliméricos oriundos de fundo de tanques de lavagem do processo de reciclagem, a Tabela 1 apresenta os materiais utilizados suas principais características, massa específica e procedência dos materiais utilizados.

Tabela 1 - Características e procedência dos materiais utilizados.

Material	Características	Massa específica (kg/m³)	Procedência
Cimento	CP II F 32	3140	Comércio local, Passo Fundo - RS
Cal	Cal hidratada	2200	Comércio local, Passo Fundo - RS
Resíduo polimérico.	Resíduos industriais	909,09	Recicladora, Guaporé - RS
Areia	Areia quartzosa	2650	Comércio local, Passo Fundo - RS
Água	Água potável	1000	Poço profundo, Passo Fundo - RS

O Autor (2025).

3.2 Métodos

Por se tratar de material residual dos tanques de lavagem de uma recicladora, determinar sua composição é fundamental para identificar possíveis contaminações por outros materiais comumente encontrados em materiais reutilizados. O material reciclado, foi caracterizado por:

Calorimetria diferencial exploratória (DSC – Differential Scanning Calorimetry). Para análise de calorimetria diferencial exploratória. (DSC), utilizou-se um equipamento DSC 4000 Perkim Elmer, com uma rampa de:

- Primeiro aquecimento de 30°C à 250°C, com taxa de aquecimento de 20°C.min-1 e fluxo de nitrogênio de 20 mL.min-1 com a finalidade de apagar a história térmica;
- Isotherma de 2 min a 250°C em fluxo de nitrogênio de 20 mL.min-1;

- Resfriamento de 250 a 30°C e, com taxa de resfriamento de 20°C.min⁻¹ e fluxo de nitrogênio de 20 mL.min⁻¹;
- Isotherma de 2 min a 30°C em fluxo de nitrogênio de 20 mL.min⁻¹;
- Aquecimento de 30°C à 250°C, com taxa de aquecimento de 20°C.min⁻¹ e fluxo de nitrogênio de 20 mL.min⁻¹. (ASTM D 3418-08).

Termogravimetria (TGA) Para análise de termogravimetria, utilizou-se um equipamento TGA 6000 Perkim Elmer, com uma rampa de aquecimento de:

30 à 900 °C com taxa de aquecimento de 20°C.min⁻¹, com fluxo de nitrogênio de 20 mL.min⁻¹.

Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier acoplado à Reflexão atenuada (FTIR-ATR), Perkin Elmer Frontier.100, foram realizadas 15 varreduras de 4000 a 650 cm⁻¹ para cada amostra.

A massa específica dos resíduos poliméricos foi determinada por diferença de densidade utilizando álcool isopropílico com grau de pureza 99,80%, e proveta volumétrica graduada.

Os corpos de prova foram obtidos com diferentes traços nas proporções 1:1:3 (cimento: cal: areia/resíduo polimérico (RP)), em massa, (sendo realizado ajuste de traço tipicamente utilizado em volume para massa), com um fator água/cimento de 0,5, cada uma das composições da Tabela 2, produzidas de acordo com procedimentos descritos na NBR 16541 (2016), com auxílio de uma argamassadeira. Foram mantidos em cura úmida em tanque de água até a idade de ensaio. Para manter o índice de consistência constante 260mm ± 5mm, fez uso de aditivo plastificante comumente usado na produção de argamassas, que foi adicionado parcialmente até atingir a consistência.

Tabela 2 - Composição das amostras traço 1:1:3 em massa.

Amostra	Cimento Kg	Cal Kg	Areia Kg	RP kg
T0	1	0,47	4,75	0
T2,5	1	0,47	4,63	0,12
T5	1	0,47	4,51	0,24
T10	1	0,47	4,28	0,47

O Autor (2025).

A caracterização física da areia foi realizada através de ensaio de massa específica, por meio do frasco de Chapman (NBR 9776 1987) e granulometria com conjunto de peneiras graduadas Bertel e agitador eletromagnético Contenco. (NBR 7211 2005).

As análises de resistência a compressão (NBR 13279 2005) e ensaio de consistência no estado fresco (NBR 13276 2005). A Figura 3 apresenta etapas de preparação dos corpos de prova e do processo de análise de resistência a compressão e a Figura 4, etapas do ensaio de consistência.

Figura 3: Processo de obtenção dos corpos de prova: Preparação da argamassa (a), moldagem dos corpos de prova (b), corpos de prova desmoldados (c), cura dos corpos de prova (d), rompimento dos corpos de prova a compressão (e) e corpo de prova rompido (f).



Fonte: O Autor (2025).

Figura 4: Etapas do ensaio de consistência: Enchimento do cone (a), amostra antes do ensaio (b), amostra após ensaio (c), conforme NBR16541(2016).



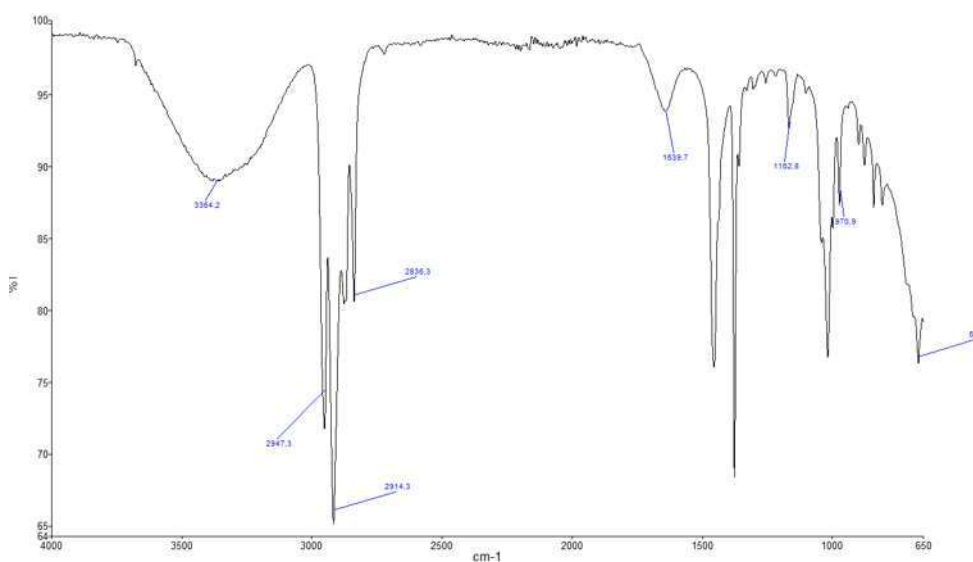
Fonte: O Autor (2025).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise FTIR-ATR resíduo polimérico

No ensaio de FTIR_ATR dos resíduos poliméricos, apresentado na Figura 5, se observa que o resíduo é composto por polipropileno e polietileno, pois são observadas bandas de absorção características do polipropileno, em 973 cm^{-1} e 1166 cm^{-1} correspondem aos estiramentos das ligações C–C, deformação angular do tipo rocking para o grupamento CH₃ e deformação angular C–H, conforme verificado por Carceres e Canevarolo (2009), já as deformações angulares no intervalo de 699 a 1166 cm^{-1} pode estar associado a presença de outros polímeros nos resíduos poliméricos possivelmente polietilenos. (Amorin, 2018). Também foram observadas bandas em 3381 cm^{-1} e 1638 cm^{-1} , possivelmente referente a presença de umidade no resíduo, pois segundo Abidi et al (2021), as bandas obtidas são características da presença de água em poliolefinas.

Figura 5: Análise FTIR_ATR de amostras do resíduo polimérico utilizado na produção das amostras.

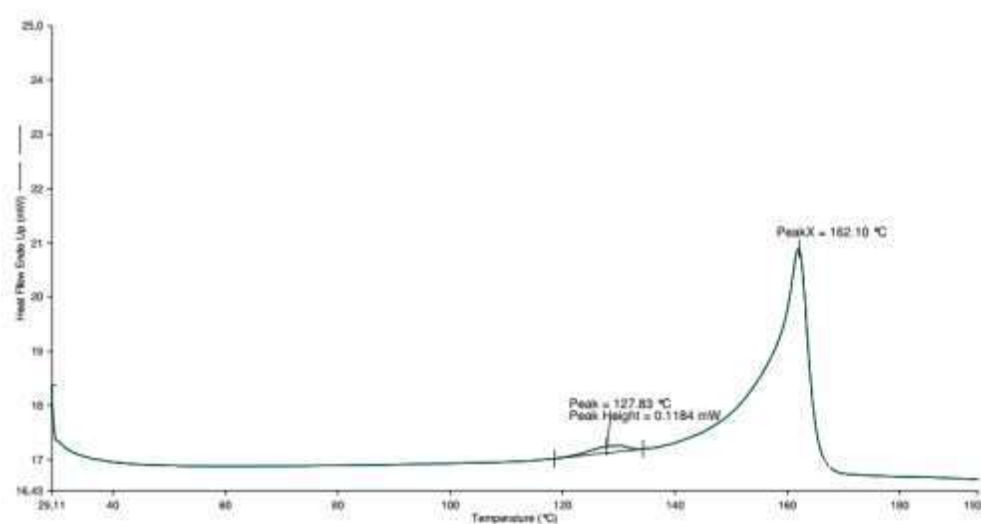


Fonte: O Autor (2025).

4.2 Análise DSC resíduo polimérico

No ensaio de calorimetria diferencial exploratória Na Figura 6, se observa a curva de DSC do RP, correspondente ao segundo aquecimento. Na análise foram realizados dois aquecimentos, o primeiro para apagar a história térmica dos resíduos poliméricos, pois segundo Canevarolo (2004), o processamento pode deixar resíduos térmicos na peça processada, prejudicando a interpretação dos dados obtidos.

Figura 6: Ensaio de Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC) dos resíduos poliméricos .



Fonte: O Autor (2025).

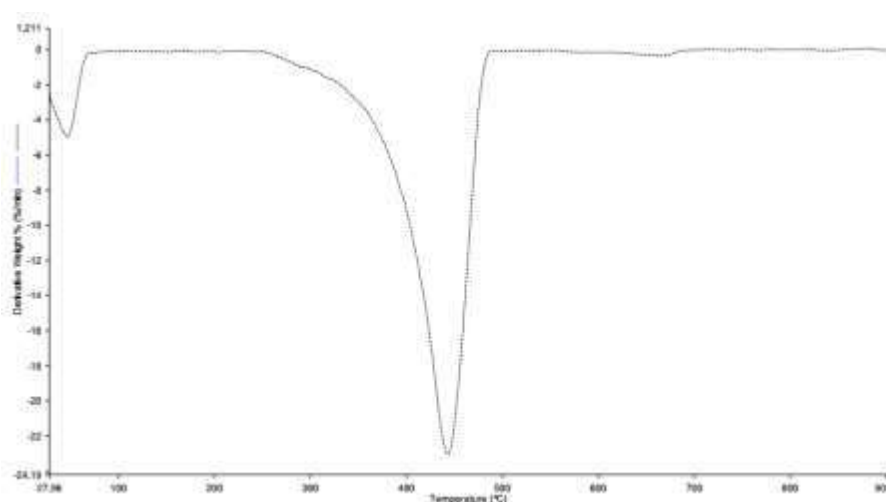
Na curva calorimétrica observa-se a presença de dois eventos endotérmicos cujos picos, um a 127,86°C e outro a 162,10°C, possivelmente referem-se a fusão do polietileno e do polipropileno respectivamente, como observado por Lago (2022), que avaliou a qualidade de polímeros pós-consumo provenientes de empresas de reciclagem, ao avaliar seis amostras de materiais reciclados obteve para o polietileno (PE) temperaturas entre 125°C e 130°C e para o polipropileno (PP) temperaturas entre 159°C e 165°C. Madi (2013), ao determinar as propriedades mecânicas e térmicas de uma mistura de polietileno reciclado e polipropileno virgem, observou picos endotérmicos para polietileno 129°C e 160°C para polipropileno., valores similares ao encontrado neste trabalho. Também associando os resultados de DSC com os

resultados obtidos no FTIR-ATR, podemos constatar que a maior parte dos resíduos corresponde ao Polipropileno uma vez que se observou os picos característicos do polipropileno. A temperatura de fusão (T_m) de 127°C observada no DSC pode estar associada a presença de polietileno nos resíduos, o que segundo Madi (2013), a contaminação de resíduos de PE no PP, são comuns nos processos de reciclagem por serem polímeros com características similares. No FTIR não foi possível observar com clareza a presença do PE, uma vez que devido a pequena porção de polietileno presente no Resíduo Polimérico, possivelmente os picos do PP podem ter encoberto os picos característicos do PE, os quais são próximos aos do PP, os picos de 1166 cm^{-1} e 699 cm^{-1} podem ser associados a presença do PE.

4.2 Análise TGA resíduo polimérico

No ensaio de Termogravimetria apresentado na Figura 7, se observa três perdas de massa. A primeira, possivelmente relativa a perda de umidade, entre 27° e 60°C . A segunda, entre 397°C a 463°C relativa a decomposição do polímero, que pela faixa de temperatura indica ser Polietileno, que possui degradação térmica entre 350°C a 500°C . A terceira, entre 647°C a 674°C relativa à degradação de resíduos de carbono ou aditivos. Picos similares foram encontrados por Vouvoud e Achillas (2020) e Saikrishnan (2020).

Figura 7 - Análise termogravimétrica (TGA) dos resíduos poliméricos.

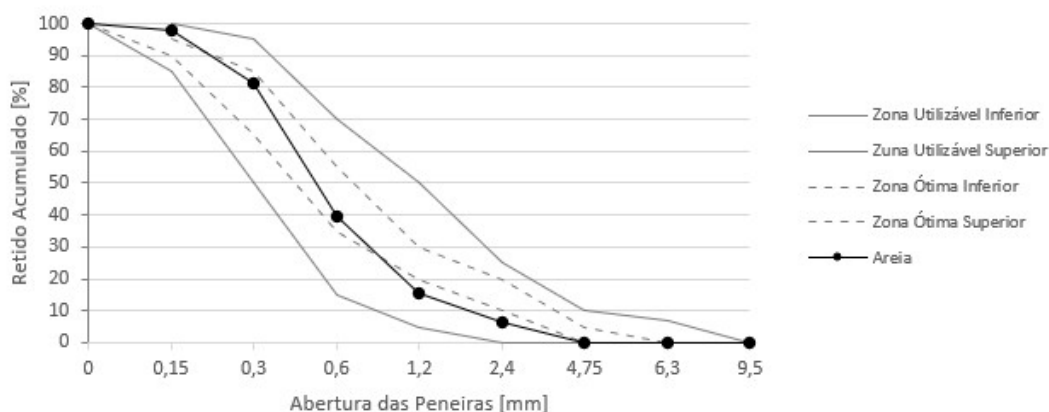


Fonte: O Autor (2025).

4.4 Análise granulométrica agregado miúdo

A análise granulométrica da areia manteve-se entre os limites granulométricos conforme classificação da norma NBR 7211 2005, Figura 8, mostra a granulometria dos agregados miúdo e os limites de classificação das partículas. A Figura 11, apresenta os diferentes tamanhos de grãos de areia obtidos após classificação granulométrica.

Figura 8: Curva granulométrica da areia .



Fonte: O Autor (2025).

A análise granulométrica da areia utilizada no estudo revelou que sua distribuição de partículas se concentra predominantemente na faixa fina, posicionando-se parcialmente fora da zona ótima e próxima ao limite inferior da zona utilizável, conforme os parâmetros estabelecidos pela NBR 7211:2005. Essa característica indica que a areia possui um perfil granulométrico mais fino que o ideal para argamassas de revestimento, o que pode demandar maior consumo de pasta cimentícia para garantir adequada trabalhabilidade, além de impactar negativamente a resistência mecânica e a retração do material. Segundo Fabro et al. (2011), areias mais finas apresentam maior área superficial específica, exigindo mais aglomerante e resultando em compósitos com maior porosidade. Considerando-se ainda a natureza hidrofóbica e a baixa rugosidade dos resíduos poliméricos utilizados na substituição parcial do agregado miúdo, a presença de uma areia excessivamente fina pode

potencializar a redução da consistência e da resistência observada nos traços avaliados.

4.4 Análise de consistência argamassa produzida

A análise dos resultados de consistência apresentados na Tabela 3 e Figura 9, mostra que, para manter a consistência de aproximadamente 260 ± 5 mm, todas as misturas demandaram acréscimos de água em relação ao valor fixo de 263 ml. A amostra de referência (S0) apresentou 256 mm de espalhamento com um total de 299 ml de água e 4 ml de aditivo plastificante. Na amostra com 2,5% de substituição (S2,5), foram necessários 308 ml de água e 5 ml de aditivo, resultando em consistência semelhante (257 mm).

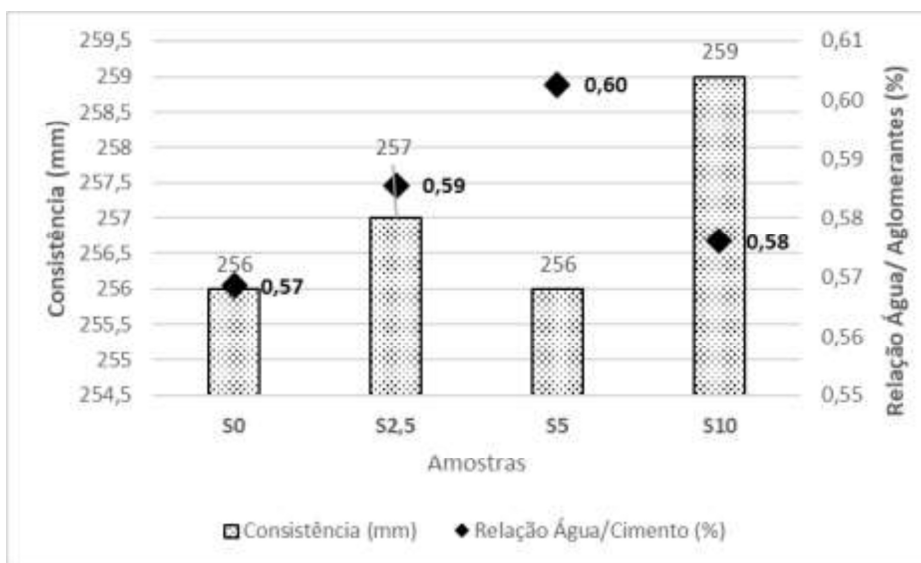
Esse incremento demonstra o aumento da demanda hídrica à medida que fibras poliméricas são incorporadas, consequência da maior área superficial e do caráter hidrofóbico dos resíduos. Resultados equivalentes foram relatados por Lima Neta (2020), que identificou maior necessidade de água em teores reduzidos de resíduo, e por Garcia et al. (2021), que observaram perdas de trabalhabilidade compensadas pelo uso de aditivos.

Tabela 3 - Consistência das amostras e quantidades de aditivo plastificante e água para obter consistência de $260\text{mm} \pm 5\text{mm}$.

Amostra/substituição de areia (%)	S0	S2,5	S5	S10
Aditivo Plastificante (ml)	4	5	6	15
Água (ml)	263+36	263+45	263+54	263+40
Consistência (mm)	256	257	256	259
Desvio Padrão	3,00	2,31	3,61	1,53

O Autor (2025).

Figura 9: Análise de consistência e relação água cimento das amostras produzidas.



Fonte: O Autor (2025).

Na substituição de 5% (S5), a consistência foi mantida em 256 mm, mas com o consumo de 317 ml de água e 6 ml de aditivo plastificante. Um aumento do volume total de água em relação à amostra de referência. Além da demanda hídrica, nota-se que a quantidade de aditivo começa a crescer em proporção significativa. Oliveira (2025), observou comportamento semelhante em argamassas com utilização de resíduo de poliméricos, indicando que o aumento da substituição intensifica a absorção de água pela matriz e compromete a trabalhabilidade sem ajustes de aditivos. Patrício et al. (2022), ao estudarem polímeros triturados em argamassas, também verificaram que teores de 5% a 10% exigem maior dosagem de água e cal, reforçando a relação direta entre adições poliméricas e o aumento da a/c efetiva.

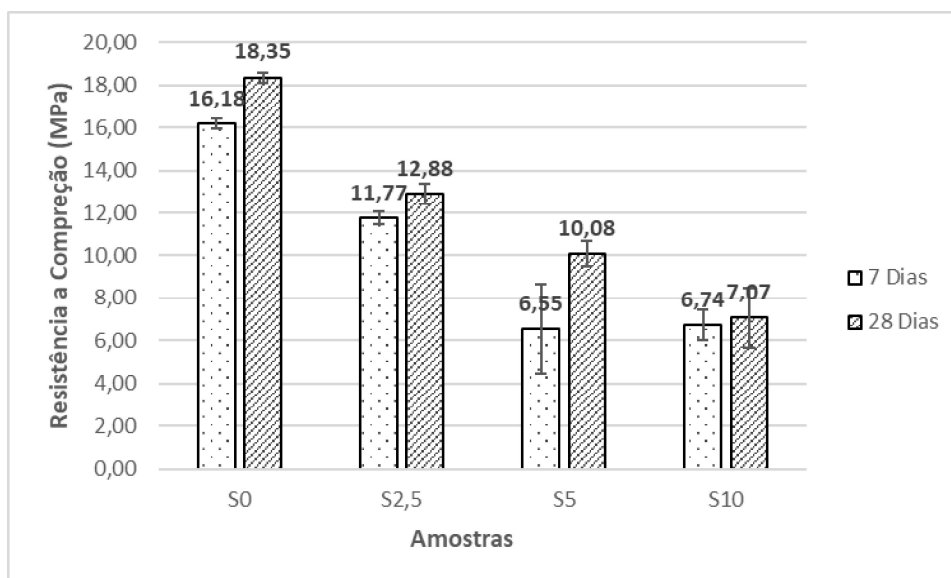
No caso da amostra com 10% de substituição (S10), a consistência de 259 mm só foi atingida com 303 ml de água e expressivos 15 ml de aditivo plastificante, valor dez vezes superior ao recomendado. Esse resultado demonstra que a manutenção da fluidez em altos teores de substituição não depende apenas do acréscimo de água, mas do uso intensivo de aditivos químicos. Estudos de Farias (2021) e Latroch et al. (2024) apontam que teores elevados de polímeros reduzem a compatibilidade entre pasta e agregado, aumentando a porosidade e reduzindo a eficiência da hidratação. Já Milani et al. (2025), sugerem alternativas para superar esse desafio, como a

aplicação de cargas eletrostáticas, que aumentam a densificação da matriz e reduzem a absorção de água. Assim, os resultados confirmam que teores superiores a 5% comprometem a viabilidade prática das argamassas, tornando essencial o uso de estratégias tecnológicas para equilibrar a relação água/cimento e a trabalhabilidade.

4.4 Análise de resistência a compressão

A avaliação da resistência à compressão das argamassas apresentada na Figura 10 e Tabela 4, demonstrou uma tendência de redução dos valores médios à medida que aumentou o teor de substituição do agregado miúdo por resíduos poliméricos. Aos 7 dias, a amostra de referência (S0) apresentou média de 16,18 MPa, enquanto as composições modificadas resultaram em reduções expressivas: S2,5 = 11,77 MPa, S5 = 6,55 MPa e S10 = 6,74 MPa. Essa queda indica que a incorporação de polímeros compromete a formação da microestrutura, possivelmente pela baixa afinidade química entre o resíduo e a matriz cimentícia, conforme apontado por Mohammed et al. (2024).

Figura 10: Resistência a compressão das amostras aos 7 e 28 dias de cura.



Fonte: O Autor (2025).

Tabela 4 - Consistência das amostras e quantidades de aditivo plastificante e água para obter consistência de 260mm ± 5mm.

Amostra	7 Dias		28 Dias	
	Média (Mpa)	Desv. Pad.	Média (Mpa)	Desv. Pad.
S0	16,18	0,24	18,35	0,25
S2,5	11,77	0,28	12,88	0,48
S5	6,55	2,08	10,08	0,61
S10	6,74	0,71	7,07	1,42

O Autor (2025).

Aos 28 dias, o ganho de resistência foi consistente em todas as amostras, embora as reduções relativas tenham se mantido. A referência (S0) alcançou 18,35 MPa, enquanto S2,5 = 12,88 MPa, S5 = 10,08 MPa e S10 = 7,07 MPa. Quando comparados à literatura, os resultados se mostraram coerentes. Cordeiro et al. (2025), verificaram reduções de até 90,2% na resistência à compressão em compósitos com elevados teores de polímero, ressaltando que níveis até 20% de substituição podem ser aproveitados em aplicações não estruturais. Lima Neta (2020), por sua vez, obteve desempenho superior em baixas taxas de substituição (2,5%), com valores acima de 28 MPa aos 28 dias, evidenciando que o tipo de polímero, granulometria e dispersão influenciam fortemente os resultados. Já Bezerra et al. (2025) observaram que misturas contendo 10% de material polimérico atingiram a resistência mínima exigida pela ABCP (25 MPa) aos 7 dias, confirmando a possibilidade de uso em determinadas condições. Entretanto identificaram tendência de queda de desempenho mecânico em compostos cimentícios com adição de polímeros em maiores proporções, apresentando uma diminuição que variou de 33,66MPa para referência para 4,98Mpa com substituição de 50%, destacando a importância de limitar o percentual de substituição.

4.5 Análise de resistência a tração na flexão

A análise da resistência à tração na flexão apresentado na Figura 11 e Tabela 5, demonstrou aos 7 dias, que a amostra de referência (S0) apresentou média de 7,81 MPa, enquanto a substituição de 2,5% atingiu 8,12 MPa, configurando um ganho discreto de desempenho inicial. Já os teores de 5% (7,25 MPa) e 10% (7,28 MPa) apresentaram valores inferiores à referência, sugerindo que níveis mais elevados de substituição polimérica podem comprometer a coesão da matriz cimentícia em idades precoces. Esse comportamento é semelhante ao relatado por Garcia et al. (2021), que observaram redução de resistência em argamassas produzidas com resíduos de polipropileno triturado quando os teores de substituição foram elevados, ainda que baixos teores apresentassem resultados aceitáveis.

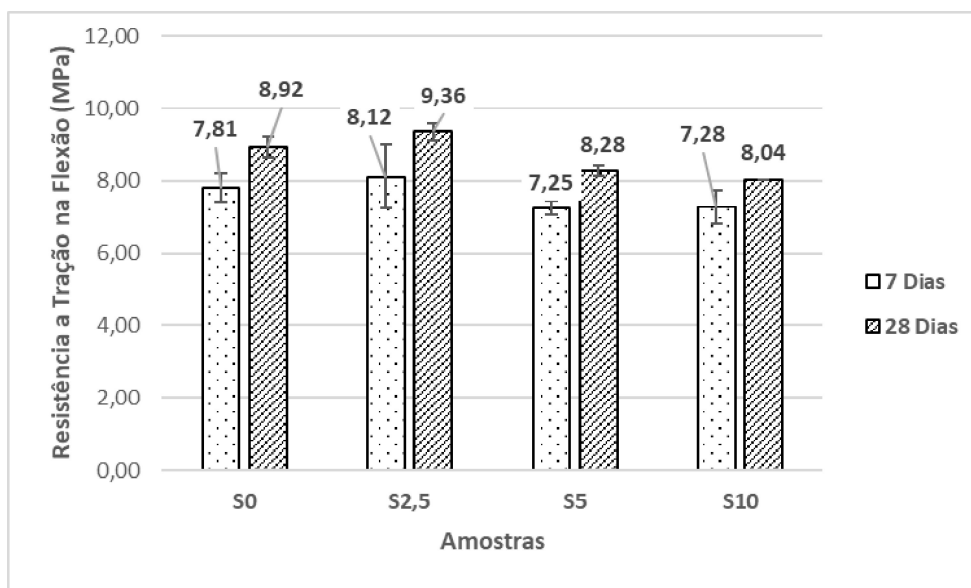
Aos 28 dias, verificou-se evolução significativa das resistências, com a referência alcançando 8,92 MPa, enquanto a amostra de 2,5% atingiu o melhor desempenho, com 9,36 MPa. Em contrapartida, os teores de 5% (8,28 MPa) e 10% (8,04 MPa) ficaram abaixo da referência. Esses resultados reforçam que baixos teores de substituição apresentam melhor desempenho em idades tardias. Esse mesmo efeito foi identificado por Castro (2024), que ao estudar compósitos cimentícios com fibras, verificou que adições moderadas contribuíram para ganhos de desempenho, enquanto maiores quantidades reduziram a resistência em função da heterogeneidade da mistura.

Tabela 5 - Resistência a tração na flexão média e desvio padrão aos 7 e 28 dias.

Amostra	7 Dias		28 Dias	
	Média (Mpa)	Desv. Pad.	Média (Mpa)	Desv. Pad.
S0	7,81	0,40	8,92	0,29
S2,5	8,12	0,87	9,36	0,23
S5	7,25	0,20	8,28	0,13
S10	7,28	0,48	8,04	0,12

Fonte: O Autor (2025).

Figura 11: Resistência a tração na flexão das amostras aos 7 e 28 dias de cura.



Fonte: O Autor (2025).

Outro aspecto relevante é a atuação do aditivo plastificante, utilizado para manter a trabalhabilidade dos traços. Nas amostras analisadas, a dosagem do aditivo variou conforme o teor de resíduo incorporado. Esse fator pode ter favorecido o desempenho da mistura com 2,5%, que, além de apresentar ganho de resistência, mostrou variabilidade aceitável. De acordo com Milani et al. (2025), a correta dispersão de fibras poliméricas em matrizes cimentícias é determinante para ganhos de resistência, sendo auxiliada pelo uso de aditivos. Da mesma forma, Mohammed et al. (2024), ressaltam que, embora a presença de partículas plásticas tenda a reduzir a aderência na interface pasta/agregado, o uso adequado de aditivos pode mitigar esse efeito, estabilizando o desempenho mecânico.

5 CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos neste trabalho demonstraram que a incorporação de resíduos poliméricos em substituição parcial ao agregado miúdo altera de forma significativa as propriedades das argamassas. A caracterização química e térmica confirmou a predominância de polipropileno com traços de polietileno, indicando que esses resíduos possuem potencial de reaproveitamento em materiais de construção.

No aspecto mecânico, verificou-se redução gradativa da resistência à compressão conforme aumentou o teor de substituição, variando nos 28 dias de cura de 18,35MPa para referência para 12,88MPa para S2,5, 10,08MPa para S5 e 7,07MPa para S10. Apesar disso, baixos teores, especialmente 2,5%, apresentaram desempenho aceitável, mostrando potencial para utilização em argamassas de revestimento. A resistência à tração na flexão ganhou pontos em baixos teores e queda acentuada em substituições mais elevadas. Apresentando resistência aos 28 dias de cura de 8,92MPa para referência, 9,36MPa para S2,5, 8,28MPa para S5 e 8,04MPa para S10. Demonstrando que a substituição da areia por resíduos poliméricos pode proporcionar ganhos na resistência a tração, entretanto deve-se atentar aos percentuais adequados de substituição.

De forma geral, conclui-se que o aproveitamento de resíduos poliméricos em argamassas é tecnicamente viável em baixas taxas de substituição, contribuindo para a sustentabilidade da construção civil ao reduzir o descarte de plásticos e o consumo de recursos naturais. Os resultados indicam que, embora haja perdas de resistência em teores mais elevados, é possível empregar esses compósitos em aplicações não estruturais.

5.1 Possibilidades de trabalhos futuros

A presente pesquisa abre espaço para diversas possibilidades de continuidade em estudos relacionados à aplicação de resíduos poliméricos em matrizes cimentícias. Uma das primeiras linhas a serem exploradas diz respeito à ampliação dos ensaios em idades mais avançadas, visto que diferentes investigações apontam que os efeitos das fibras ou agregados poliméricos podem se manifestar de forma distinta com o

tempo de cura, alterando as propriedades mecânicas e de durabilidade (FERNANDES, 2023; BARBOZA et al., 2023). Ensaios de longo prazo, incluindo ciclos de exposição ambiental e análise de fadiga, podem contribuir para a validação do uso desses compósitos em aplicações estruturais.

Outra vertente promissora envolve a análise do desempenho térmico e acústico das argamassas e concretos produzidos com polímeros reciclados, aspecto ainda pouco explorado em comparação às propriedades mecânicas. Trabalhos como o de Prata (2022), demonstram o potencial do poliestireno expandido (EPS) para ganhos em isolamento térmico, sugerindo que diferentes resíduos poliméricos também possam contribuir nesse campo.

REFERÊNCIAS

ABIDI, Nouredine. FTIR Microspectroscopy. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2021.

ABIPLAS – Associação Brasileira da Indústria do Plástico **Os polímeros (plásticos e a reciclagem)**. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/>. Acesso em 10 jun. 2025.

AGUIAR NETO, Sabino Alves de. **Produção de argamassas com aproveitamento de resíduos de polímeros etilenos e propilenos como materiais de construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2020.

BARBOZA, Christian Souza; OMIDO, Agleison Ramos; SANTOS, Andressa Ponse; SILVA, Gabriel Borges da; NASCIMENTO, Matheus Rodrigues Pereira do. Comportamento de argamassas cimentícias reforçadas com fibras de PET. In: CONRESOL – **Congresso Nacional de Meio Ambiente**, 6., 2023. IBEAS, 2023. DOI: 10.55449/conresol.6.23.IV-050.

BEZERRA, Ana Camila Leão; ALENCAR, Demóstenes Barbosa; CAMPOS, Pâmela Silva; MORAES, Naiane Mariane; BEZERRA, Eduardo Sales Lins Ramos; BEZERRA, Carlos Gustavo Ramos. Análise das propriedades mecânicas do concreto com adição de seixo e PET. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 16, n. 2, p. 1–14, 2025. DOI: 10.7769/gesec.v16i2.4530

CÁCERES, Carlos A.; CANEVAROLO, Sebastião V. Degradação do polipropileno durante a extrusão e a geração de compostos orgânicos voláteis. **Polímeros**, v. 19, p. 79-84, 2009.

CANEVAROLO JR, Sebastião V. et al. Técnicas de caracterização de polímeros. **Artliber, São Paulo**, v. 430, n. 2004, 2004.

CASTRO, Alan de Oliveira. **Compósito de matriz cimentícia reforçado com fibras da capa do palmito pupunha**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024.

CORDEIRO, Luiz Murilo Duarte; TEIXEIRA, Nayara Pereira; MACHADO BALTHAR, Viviane Kelly Cristina Borges Lima; LANDESMANN, Alfredo. Análise experimental de compósitos contendo partículas PET pós-consumo em substituição parcial do agregado miúdo. In: **CONRESOL**, 8., 2025. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2025. DOI: 10.55449/conresol.8.25.I-005.

FARIA, Albertran Dias; SILVA, Gabriela de Oliveira; SANTOS, Shirleny Fontes; PEREIRA, Patrícia Soares da Costa; LIBANO, Elaine Vidal Dias Gomes. Sustentabilidade e Desempenho: Propriedades Mecânica, Termomecânicas e Morfológica de Compósitos de Polímero Reciclado, Argila e Fibra. **Revista Gestão de Gestão e Secretariado**. V. 16, N. 7, P. 01-17, São José dos Pinhais, 2025.

FARIAS, Felipe Silva. **Influência do teor e da granulometria de resíduo de poliuretano na produção de argamassa**. 2021. Dissertação (Mestrado em Materiais para Engenharia) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021

FERREIRA, Larissa; MONARO, Daniel Luis Garrido; PLENS, Ana Carolina de Oliveira. A importância da economia circular para produtos feitos à base de polímero: uma análise de conteúdo. **Brazilian Journals of Business**. v. 3, n. 1, p. 33-48. Curitiba, 2021.

FERNANDES, Samuel Cameli. **Avaliação do comportamento mecânico de misturas de concretos reforçados com microfibra de vidro e microfibra de polipropileno**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023

FERNANDES, Igor Vieira; NASCIMENTO, Carlos Fernando Gomes do; SANTOS, Marcos Davis dos; MENDONÇA, Ana Maria; MELO NETO, ANTÔNIO. Avaliação das propriedades físicas de argamassas com substituição parcial do agregado miúdo por PET reciclado. **Encontro Latino-Americano E Europeu Sobre Edificações E Comunidades Sustentáveis (euroELECS)**, v.6, n.1, p.1–10. Rio de Janeiro, 2025.

GARCIA, Adson; SILVA, Barbara; SOARES, Junior; SOUZA, Grazielle. Avaliação das propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas produzidas com resíduos de Polipropileno triturados. **7º Encontro Nacional da Construção Civil**. Porto Alegre, 2021.

KAME, S.; THANE, A.; ESPINAL, M.; LUNDAY, K.; HAKAN, A.; PHILLIPS, A.; HEVERAN, C.; RYAN, C. Biomineralization of plastic waste to improve the strength of plastic-reinforced cement mortar. **Materials**, v. 14, 1949, 2021. DOI: 10.3390/ma14081949.

LAGO, Guilherme Leite. **Avaliação da qualidade do polipropileno pós-consumo provenientes de empresas de reciclagem**. Dissertação (Engenharia de Minas Metalúrgica e de Materiais) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

LAGO, Guilherme Leite. **Avaliação da qualidade do polipropileno pós-consumo provenientes de empresas de reciclagem**. Dissertação (Engenharia de Minas Metalúrgica e de Materiais) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

LATROCH, Nouredine; BENOSMAN, Ahmed; BADACHE, Abdelhk; SAFER, Omar; DAHMANE, Mouloud; HACINI, Mostefa; MOULI, Mohamed; BENADOUDA, Mourad. Correlation between destructive and non-destructive evaluation to study of plastic waste aggregate mortar: a case study of mechanical properties. **Studies in Engineering and Exact Sciences**, v. 5, n. 2, p. 01–24, 2024. DOI: 10.54021/seesv5n2-028.

LIMA NETA, Maria Henriqueta Conceição. **Estudo do aproveitamento de resíduo polimérico em substituição parcial do agregado miúdo em argamassa**. Dissertação (Engenharia Civil) Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2020.

LOCATELLI, Ana Paula Klaus. *Ciência dos materiais para engenharia e construção: uma abordagem simplificada*. São Paulo: Editora Arché, 2025.

MADI, N. K. Thermal and mechanical properties of injection molded recycled high density polyethylene blends with virgin isotactic polypropylene. **Materials & Design**, v. 46, p. 435-441, 2013.

MAINARDI, Fernando Henrique Barros; MENDES, Ijosiel; SILVA, Suéllen Danúbia da; MARSOLI, Glaucimarcos Fakine; OLIVEIRA, Elimeire Alves de; TAGLIAFERRO, Evandro Roberto. A economia circular como estratégia para o desenvolvimento

sustentável no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 3127, jun. 2025. ISSN 2675-3375. DOI: 10.51891/rease.v11i6.19876

MILANI, Caroline; OLIVEIRA, Lucas.; FAKHYE, Rodnny.; BERGMANN, Ana; BORTOLOTTI, Viviane.; BITTENCOURT, Paulo. Evaluation of mortars performance with electrospun polymeric microfibers addition from PET and PVB waste. **Waste and Biomass Valorization**, v. 16, p. 669–682, 2025. DOI: 10.1007/s12649-024-02688-w.

MOUATS, Wassila; ABDELOUAHED, Assia; HEBHOUB, Houria; BOUGHAMSA, Wassila. The Effect of plastic waste fiber on mortar performance. **Architecture Civil Engineer Environment**. v. 4, p.95-103, 2021.

MOHAMMED, Osamah.; HILAL, Nahla; HAMA, Sheelan.; SOR, Nadhim; BANYHUSSAN, Qais.; TAWFIK, Taher. Durability and hardened characteristics of cement mortar incorporating waste plastic and polypropylene exposed to $MgSO_4$ attack. **Results in Engineering**, v. 24, 103310, 2024. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.103310.

OLIVEIRA, Marivone Souza. **Efeito da substituição parcial da areia por resíduo de PEBD em argamassas geopoliméricas para produção de chapas cimentícias**. Dissertação (Engenharia de Materiais) Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2025.

PATRÍCIO, Solange da Rocha; MENDONÇA, Ana Maria Gonçalves Duarte; RODRIGUES, John Kennedy Guedes; COSTA, Loredana Melyssa Costa; OLIVEIRA, Danielly do Nascimento Silva; PATRÍCIO, Jonny Dantas. Comportamento mecânico de argamassas produzidas com PET triturado em substituição parcial ao agregado convencional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e13211426422, 2022.

POLETTI, Matheus. Compósitos termoplásticos com madeira - uma breve revisão. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, Bento Gonçalves, v.2, n. 4, p. 42-48,2017.

POPA, M. M.; LEUTERITZ, A.; KUHNERT, I.; MECHTCHERINE, V.; SCHEFFELER, C. Micromechanical study on polypropylene-bicomponent fibers to improve mechanical interlocking for application in strain-hardening cement-based composites. **Cement and Concrete Composites**. v.142, e.105181, 2023.

PRATA, Ana Larissa Cruz. Análise da influência da adição de poliestireno expandido (EPS) nas propriedades físico-mecânicas e comportamento térmico de argamassas cimentícias. 2022. Dissertação (Engenharia Civil) Universidade Federal do Sergipe. São Cristóvão, 2022.

PRUDÊNCIO, Danilo Fujii de Matos. **Avaliação no desempenho de longa duração do Polietileno de Alta Densidade**. Dissertação (Ciências) Universidade de São Paulo, 2021.

RAGAERT, Kim; DELVA, Laurens; VAN GEEM, Karen. Mechanical and chemical recycling of plastic waste: a review. **Waste Management**, v. 69, p. 24–58, 2017. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.07.050

SANTOS, White José dos. **Desenvolvimento de metodologia de dosagem de argamassas de revestimento e assentamento**. Tese. (Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa, 2014.

SCHIAVO, Márcia; REIS FIM, Luciana Carvalho dos; VITTORAZZI, Mara Rúbia Gusson; ZAGOTO, Mayons Pessin; OLIVEIRA, Wagner Barbosa de. Sustentabilidade nas cidades e o impacto ambiental. **FICS**, Asunción, 2025.

SCHYNS, Zoé O. G.; SHAVER, Michael P. Mechanical recycling of packaging plastics: a review. **Macromolecular Rapid Communications**, v. 42, n. 3, e2000415, 2021. DOI: 10.1002/marc.202000415.

SILVA, Danilo de Almeida; MELLO, Carlos Eduardo Luna de; GEYER, André Luia Bortolacci. Estudo da influência do agregado graúdo inadequado nas propriedades dos concretos fresco e endurecido. **Principia**. V.60, p.387-407, 2021.

SILVA, Márcia Dalila Ribeiro. **Avaliação do potencial de reciclabilidade de sistemas poliméricos expandidos**. Dissertação (Engenharia de Polímeros) Universidade do Minho. Braga, 2024.

SINHORELLI, Kássia dos Santos. **Estudo das propriedades relógicas e térmicas das argamassas de revestimento contendo adições minerais e vermiculite.** Dissertação. (Engenharia Civil) Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

TEMP, Aldo.; VENQUIARUTO, Simone.; COSTA, Fernanda; DUÓ, Danielli. Avaliação de argamassas de revestimento contendo agregados reciclados de PET. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS**, 2025, Porto Alegre: ANTAC, 2025.

VOUVOUDI, Evangelia C.; ACHILIAS, Dimitris S. Polymer packaging waste recycling: study of the pyrolysis of two blends via TGA. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 142, p. 1891-1895, 2020.