

ANÁLISE DA ADIÇÃO DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS RECICLÁVEIS COMO PARTE DO AGREGADO MIÚDO EM BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.VII-010>

Chandler Del Vecchio Leuck (Universidade Feevale 0196485@feevale.br), Ramon Mendonça Teles, Kim Lisboa Daudt Maus, Daiana Cristina Metz Arnold.

RESUMO

A crescente produção de resíduos sólidos urbanos tem se tornado uma preocupação global, exigindo soluções eficazes para minimizar seus impactos ambientais. Entre esses resíduos, os termoplásticos se destacam devido ao seu alto consumo, especialmente na forma de embalagens descartáveis, como garrafas PET, projetadas para serem economicamente acessíveis. Este estudo teve como objetivo desenvolver blocos de concreto para alvenaria de vedação utilizando resíduos de polímeros termoplásticos recicláveis triturados, especificamente Polietileno Tereftalato (PET) e Poliamida (PA), em diferentes proporções, como parte do agregado miúdo. Foram produzidos cinco traços distintos: um traço de referência sem adição de resíduos, dois com 5% e 10% de PET, e dois com 5% e 10% de PA. Para validar a proposta, foram moldados seis blocos para cada traço e realizados ensaios de caracterização de resistência à compressão axial e absorção de água no estado endurecido. Os resultados mostraram para a resistência à compressão axial média, os blocos apresentaram valores entre 0,97 MPa e 1,38 MPa, ficando abaixo dos 3 MPa exigidos pela NBR 6136 (ABNT, 2016) para blocos de concreto da classe C. Quanto à absorção de água, os valores médios variaram entre 11,25% e 12,84% para os traços de referência, PET 5% e PA 10%, ultrapassando o limite máximo de 10% estabelecido para essa classe. Já os traços PET 10% e PA 5% registraram absorção média de 10,25% e 10,44%, respectivamente, ligeiramente acima do limite normativo. Apesar de os blocos produzidos inicialmente não atenderem aos requisitos mínimos da norma, a produção de contraprovas, com ajustes na formulação, demonstrou que os resíduos termoplásticos possuem potencial para serem utilizados como parte do agregado miúdo em blocos de concreto. Dessa forma, a incorporação desses materiais surge como uma alternativa viável para reduzir a poluição ambiental e promover práticas mais sustentáveis na construção civil, contribuindo para a valorização de resíduos plásticos e o avanço da economia circular.

PALAVRAS-CHAVE: Blocos de Concreto, Resíduos Termoplásticos, Sustentabilidade, Resistência à Compressão, Economia Circular.

ABSTRACT

The increasing production of municipal solid waste has become a global concern, requiring effective solutions to minimize its environmental impacts. Among these wastes, thermoplastics stand out due to their high consumption, particularly in the form of disposable packaging, such as PET bottles, designed to be economically accessible. This study aimed to develop concrete blocks for non-structural masonry using crushed recyclable thermoplastic polymer waste, specifically Polyethylene Terephthalate (PET) and Polyamide (PA), in different proportions as part of the fine aggregate. Five different mix designs were produced: a reference mix without waste addition, two mixes incorporating 5% and 10% PET, and two mixes with 5% and 10% PA. To validate the proposal, six blocks were molded for each mix, followed by compressive strength and water absorption tests in the hardened state. The results showed that the average compressive strength values ranged from 0.97 MPa to 1.38 MPa, falling below the 3 MPa required by NBR 6136 (ABNT, 2016) for class C concrete blocks. Regarding water absorption, the average values varied between 11.25% and 12.84% for the reference mix, PET 5%, and PA 10%, exceeding the maximum limit of 10% established for this class. Meanwhile, the PET 10% and PA 5% mixes recorded average absorption rates of 10.25% and 10.44%, respectively, slightly above the regulatory threshold. Although the initially produced blocks did not meet the minimum normative requirements, the production of control samples with formulation adjustments demonstrated that thermoplastic waste has potential for use as part of the fine aggregate in concrete blocks. Thus, incorporating these materials emerges as a viable alternative to reduce environmental pollution and promote more sustainable practices in the construction industry, contributing to the valorization of plastic waste and advancing the principles of the circular economy.

KEY WORDS: Concrete Blocks, Thermoplastic Waste, Sustainability, Compressive Strength, Circular Economy.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem experimentado um crescimento exponencial nas últimas décadas, o que tem gerado grandes preocupações tanto na comunidade científica quanto nas organizações ambientais. Esse aumento está diretamente relacionado ao modelo de desenvolvimento atual, caracterizado pelo fácil acesso a uma vasta gama de produtos e pelo alto consumo. Como resultado, surgem desafios significativos no gerenciamento desses resíduos, com a necessidade urgente de alternativas eficazes e responsáveis para minimizar os impactos ambientais e garantir um futuro mais sustentável (FREITAS et al., 2024).

Atualmente, os resíduos possuem três principais alternativas de gestão e controle no pós-consumo: a reciclagem, a incineração ou o aterro sanitário. No entanto, a política de uma logística reversa deve ser estimulada, onde aterros sanitários devem ser a última alternativa a ser considerada. Há inúmeras utilidades no que diz respeito ao reaproveitamento de um produto antes do seu descarte. Desta forma, as vantagens são consequências de um trabalho consciente e bem planejado, uma vez que, com menos volume de resíduos descartados, menos áreas de terra destinadas à aterros sanitários serão necessários, e com isso a contaminação do solo, entre outros impactos ambientais também reduzidos (SILVA e SANTOS, 2020).

Segundo a WWF, Fundo Mundial para a Natureza (2019), todos os anos, são despejados nos oceanos aproximadamente 10 milhões de toneladas de resíduo plástico, volume tão alto que equivale à 23 mil aviões Boeing 747. No Brasil esta realidade é ainda mais preocupante, pois se trata do quarto país que mais produz resíduo no mundo. Além disso, é responsável também pelo vazamento de aproximadamente 325 mil toneladas de resíduos plásticos que chegam aos oceanos todo o ano (OLIVEIRA e MARTINS, 2020).

O baixo reaproveitamento de materiais reciclados estimula o consumo dos recursos naturais. A construção civil é um dos setores responsáveis pela maior taxa de consumo de recursos naturais no mundo, como a água, agregado miúdo e o agregado graúdo por exemplo, componentes básicos e fundamentais para a obtenção de uma das misturas mais importantes e usuais, que é o concreto. Alguns destes recursos naturais, como os agregados, são considerados não renováveis, ou seja, a capacidade de fornecimento pelo planeta é inferior ao consumo estabelecido pela alta demanda. A extração destes recursos na natureza é limitada. No caso do agregado miúdo, a extração é controlada e deve ser respeitada pelas mineradoras, mantendo um limite mínimo da base estável do leito do curso d'água, estabelecido pelo órgão de proteção ambiental de cada estado, a fim de assegurar que a degradação ambiental seja controlada. Embora seja realizado este controle, é impossível garantir que os impactos ambientais sejam anulados, visto que o consumo é alto (SANTOS e LIMA, 2019).

Atualmente, diversos estudos vêm sendo conduzidos para o desenvolvimento de blocos de concreto que incorporam resíduos plásticos em sua composição, visando reduzir a dependência de agregados naturais e minimizar os impactos ambientais (BARRETO et al., 2019; BEZERRA et al., 2025; RIBAS et al., 2020). Essa abordagem inovadora tem como objetivo reaproveitar materiais descartados, como garrafas PET, sacolas plásticas e outros polímeros, transformando-os em substitutos parciais dos agregados convencionais. Além de contribuir para a redução do volume de resíduos plásticos que seriam destinados a aterros ou descartados incorretamente na natureza, essa alternativa pode proporcionar benefícios técnicos, como a melhoria da leveza do concreto e, em alguns casos, o aumento da sua resistência ao desgaste.

A utilização de resíduos plásticos na produção de blocos de concreto apresenta vantagens ambientais e econômicas significativas. Ao reduzir a extração de agregados naturais, como areia e brita, a prática contribui para a conservação dos recursos naturais e diminui os impactos da mineração. Além disso, essa solução pode representar uma economia para a indústria da construção civil, tornando o processo mais sustentável e viável financeiramente. Com os avanços na pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias, a incorporação de plásticos reciclados no concreto tem se mostrado uma alternativa promissora para mitigar os danos ambientais, ao mesmo tempo em que promove a valorização dos resíduos e incentiva a economia circular (KONG et al., 2018; SCHILIVE et al., 2021; FREITAS et al., 2024;).

Esta pesquisa aborda a reutilização de resíduos plásticos, como garrafas PET e redes de pesca descartadas, na produção de blocos de concreto para alvenaria de vedação, alinhando-se aos princípios da economia circular. Ao incorporar esses materiais na construção civil, busca-se reduzir a poluição, valorizar resíduos e mitigar os impactos ambientais do descarte de polímeros, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é desenvolver blocos de concreto para alvenaria de vedação, utilizando resíduos de polímeros termoplásticos recicláveis triturados, do tipo Polietileno Tereftalato (PET) e Poliamida (PA) em diferentes traços, como parte do agregado miúdo em sua composição. Buscou-se produzir os dois diferentes tipos de agregados termoplásticos, definir os traços e teores de adição de resíduos que apresentam melhor comportamento para a produção de blocos de vedação, produzir as amostras

de blocos de concreto para vedação com os traços estabelecidos a partir dos estudos, realizar os ensaios de caracterização geométrica, resistência à compressão e absorção de água nas amostras produzidas e verificar a viabilidade da produção em conformidade com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas a partir da comparação dos resultados dos ensaios entre os blocos com traço referência e as diferentes amostras.

METODOLOGIA

Esta pesquisa aborda a reutilização de resíduos plásticos, como garrafas PET e redes de pesca descartadas, na produção de blocos de concreto para alvenaria de vedação, alinhando-se aos princípios da economia circular. Ao incorporar esses materiais na construção civil, busca-se reduzir a poluição, valorizar resíduos e mitigar os impactos ambientais do descarte de polímeros, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Para a realização do estudo, foram utilizados no traço cimento da categoria CP IV com estimativa de resistência superior ou igual a 32 MPa aos 28 dias de cura e agregados miúdos tanto de origem natural, obtidos em um rio na bacia hidrográfica do Vale dos Sinos quanto agregado miúdo de origem britada. Já para o polímero termoplástico, foram utilizados materiais reciclados como garrafas PET e redes de pesca de nylon. Destaca-se ainda que para utilização como aditivo ao concreto, os resíduos passaram por etapas de preparação, como lavagem para remoção de impurezas, além de processos de extrusão e trituração para que ambos os polímeros ficassem com tamanho padrão entre 0,6 e 2mm. Todas as etapas previstas e procedimentos adotados durante a conclusão do trabalho estão dispostas em formato de fluxograma na Figura 1.

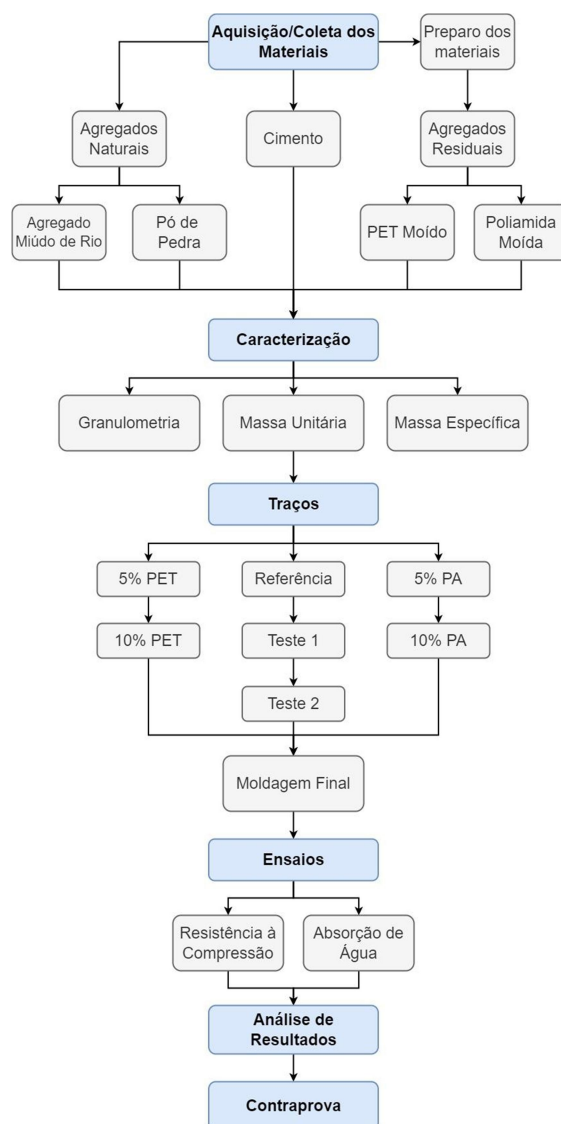


Figura 1: Fluxograma do processo de confecção dos blocos.

Durante a caracterização dos agregados utilizados nos traços, foram realizados ensaios de granulometria, massa específica e massa unitária, seguindo as normas técnicas aplicáveis. O gráfico das curvas granulométricas foi elaborado considerando as zonas úteis, zonas ótimas e o módulo de finura do material. Com exceção do agregado residual de poliamida, que excede ligeiramente o limite da zona utilizável, todos os agregados caracterizados apresentaram um diâmetro máximo de 2,36 mm e estão dentro dos padrões estabelecidos.

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados três teores de incorporação diferente tanto do resíduo de PET quanto do resíduo de Poliamida, sendo as porcentagens de 0%, 5% e 10% tal qual os estudos e resultados divulgados por Schilive (2021) e Silva et al. (2016). Totalizou-se quatro traços com incorporação de resíduos e um traço sem nenhum tipo de aditivo, conforme demonstrado na Tabela 1, onde foram moldados seis blocos por traço com dimensões de 140mm de largura, 190mm de altura e 390mm de comprimento.

Os blocos foram moldados em fôrmas metálicas com dimensões 140 mm de largura, 190 mm de altura e 390 mm de comprimento. Foram moldados 6 blocos para cada traço de maneira manual, onde a fôrma foi preparada com óleo lubrificante sintético, material com ação desmoldante. Após as 24 horas, iniciou-se o processo de cura úmida, onde durante 72 horas, 3 vezes ao dia, foi aspergido água, de maneira que os blocos se mantivessem úmidos. Na figura 2 apresenta-se os blocos de concreto durante o andamento da pesquisa para análise das propriedades de resistência e absorção de água.

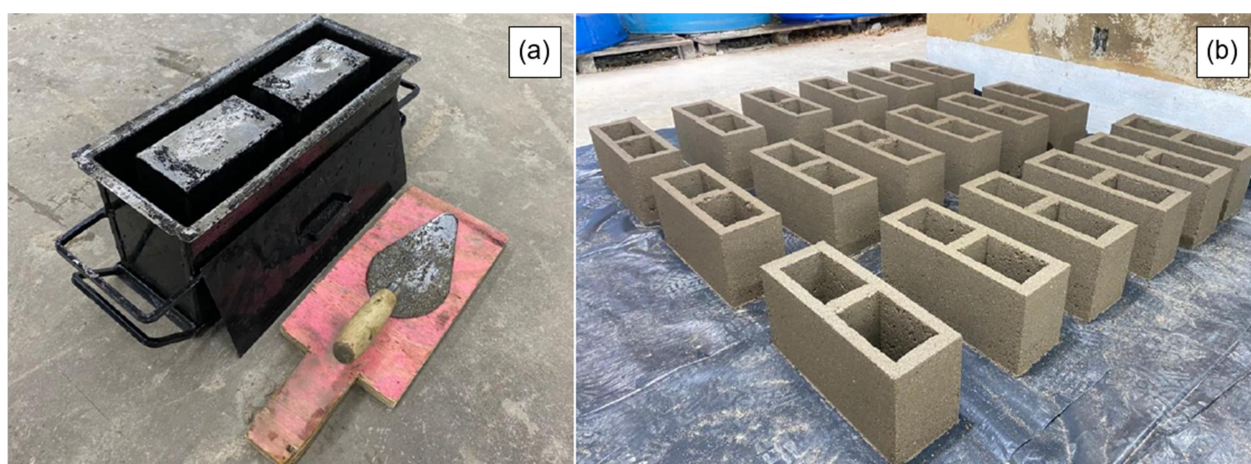


Figura 2: Processo de fabricação dos blocos de concreto: (a) molde metálico, (b) blocos de concreto desenvolvidos.

Os ensaios realizados avaliaram a resistência à compressão e a absorção de água dos blocos. O ensaio de compressão, conforme a NBR 12118 (ABNT, 2014), foi conduzido em uma prensa hidráulica da marca Emic, com capacidade de 2000 kN. Já o ensaio de absorção de água, realizado conforme a NBR 6136 (ABNT, 2016), envolveu a secagem de 15 blocos em estufa a 110 ± 5 °C por 24 horas, seguida pelo resfriamento e pesagem em balança digital da marca MARTE, modelo LS50.

RESULTADOS

Conforme detalhado na metodologia, o ensaio de resistência à compressão axial contou com seis blocos de cada traço, em concordância com a NBR 6136 (ABNT, 2016). A tabela 1 apresenta as resistências à compressão axial obtidas para cada bloco na idade de 28 dias, a resistência média por traço produzido e a resistência característica à compressão ($f_{bk,est}$) calculada.

Tabela 1. Resultados das resistências à compressão axial.

Corpo de Prova Bloco	Força máxima (KN)	Resistência à compressão média (MPa)	Resistência característica à compressão ($f_{bk,est}$) (MPa)
Bloco referência	$57,58 \pm 16,82$	$1,06 \pm 0,31$	0,74
Bloco PET – 5%	$56,83 \pm 17,05$	$1,04 \pm 0,31$	0,56
Bloco PET – 10%	$69,33 \pm 19,75$	$1,27 \pm 0,36$	0,85
Bloco PA – 5%	$75,48 \pm 4,97$	$1,38 \pm 0,09$	1,23
Bloco PA – 10%	$53,22 \pm 11,02$	$0,97 \pm 0,2$	0,66

Os blocos produzidos apresentaram resistência à compressão abaixo do mínimo exigido pela NBR 6136 (ABNT, 2016) para blocos da classe C (≥ 3 MPa aos 28 dias). A menor resistência foi de $0,97 \pm 0,2$ MPa para o bloco PA com 10% de resíduo e a maior de $1,38 \pm 0,09$ MPa para o bloco PA com 5% de resíduo. A perda de resistência foi atribuída à formação de grumos no concreto, decorrente do uso de betoneira de eixo inclinado e do método de moldagem manual, que comprometeram o controle da força e do adensamento.

Estudos recentes corroboram a tendência de redução da resistência à compressão com a incorporação de resíduos plásticos. Por exemplo, Schilive et al. (2021) observaram que a introdução progressiva de PET na matriz cimentícia elevou a absorção de água e o índice de vazios, reduzindo a massa específica e a resistência à compressão dos blocos de concreto. Além disso, Barreto et al. (2019) verificaram que blocos com 15% de PET reciclado apresentaram resistência à compressão superior aos blocos de referência; contudo, teores mais elevados de PET resultaram em quedas significativas na resistência. No presente estudo, a formação de grumos no concreto, atribuída ao uso de betoneira de eixo inclinado e ao método de moldagem manual, comprometeu o controle da força e do adensamento, contribuindo para a baixa resistência observada.

Estudos recentes corroboram a tendência de redução da resistência à compressão com a incorporação de resíduos plásticos. Por exemplo, Mouchrek et al. (2021) investigaram o uso de resíduos de PVC como agregado graúdo no concreto, substituindo parcialmente o pó de brita em proporções de 25%, 50% e 75%. Os resultados mostraram que a resistência à compressão aumentou nas amostras com 25% e 50% de PVC, atingindo uma média de 45,12 MPa aos 28 dias para a mistura com 25% de PVC. No entanto, teores mais elevados de PVC resultaram em quedas significativas na resistência, atribuídas à menor capacidade resistiva dos agregados poliméricos em comparação com os naturais e à ausência de interação química entre o polímero e a matriz cimentícia do concreto.

O ensaio de absorção de água contou com três exemplares de cada traço, conforme estipulado pela NBR 6136 (ABNT, 2016). A relação entre a massa saturada e a massa seca dos blocos deve ser $\leq 11\%$ para blocos da Classe C. A tabela 2 apresenta os valores individuais para absorção de água em cada uma das três amostras e a média de cada traço.

Tabela 2. Resultados da absorção de água dos blocos.

Corpo de Prova Bloco	Absorção média (%)
Bloco referência	11,25
Bloco PET – 5%	11,31
Bloco PET – 10%	10,25
Bloco PA – 5%	10,44
Bloco PA – 10%	12,84

Os resultados de absorção de água ficaram próximos ao limite de 11% estabelecido pela NBR 6136 (ABNT, 2016) para blocos da classe C. Apenas os blocos com 10% de PET, com uma absorção média de 10,25%, e os blocos com 5% de PA, com 10,44%, atenderam ao limite. Observou-se uma relação entre menor absorção de água e maior resistência à compressão, já que os blocos com 5% de PA atingiram uma resistência de $1,38 \pm 0,09$ MPa, enquanto os blocos com 10% de PET alcançaram $1,27 \pm 0,38$ MPa. Por outro lado, os blocos com 10% de PA apresentaram a maior absorção média, de 12,84%, e a menor resistência à compressão, o que indica que o aumento de vazios reduz a resistência do material.

Os resultados indicaram que os blocos com 10% de PET e 5% de PA apresentaram absorção de água abaixo do limite de 11% estabelecido pela NBR 6136 (ABNT, 2016), e mostraram as maiores resistências à compressão. Em contraste, os blocos com 10% de PA apresentaram a maior absorção de água e a menor resistência, o que sugere que o aumento de vazios prejudica a resistência do material. Esses resultados estão de acordo com o estudo de Kong et al. (2018), que observaram melhorias nas propriedades mecânicas de concretos com adição de fibras recicladas, e com Zhang et al. (2020), que relataram aumento na resistência de concretos permeáveis com adição de fibras sintéticas.

Ribas et al. (2020) avaliaram a substituição parcial de 20% do agregado miúdo por resíduos de PET em concreto. Os resultados indicaram um aumento na absorção de água e uma redução na resistência à compressão, embora a incorporação de PET tenha se mostrado potencialmente viável para diversas aplicações na construção civil, resultando em um concreto mais leve e sustentável. O estudo de Schilive et al. (2021) investigou a incorporação de resíduos de PET como substituto parcial da areia na produção de blocos de concreto, avaliando seus efeitos na absorção de água e resistência mecânica. Os resultados indicaram que a substituição

de até 15% aumentou a absorção de água, embora os blocos ainda atendessem aos requisitos normativos, sugerindo um limite de 7% para preservar a resistência adequada.

A Figura 3 apresenta a correlação entre a resistência à compressão média e a absorção média de água para os blocos de concreto analisados, considerando diferentes teores de incorporação de resíduos termoplásticos triturados. Observa-se a influência dos materiais reciclados nas propriedades mecânicas e de absorção dos blocos, evidenciando a importância do controle na dosagem dos resíduos.

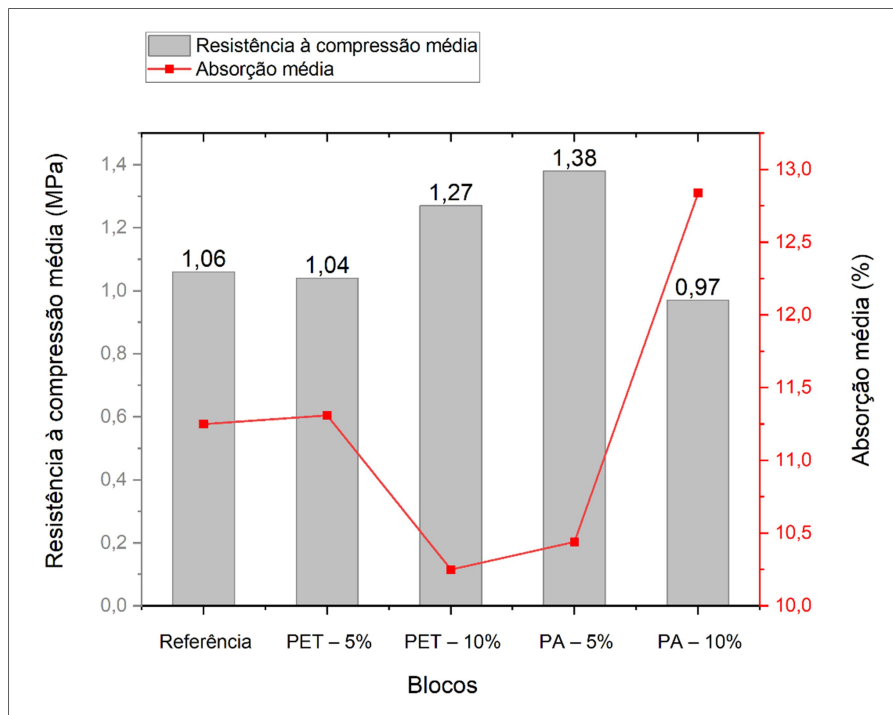


Figura 3: Correlação entre resistência à compressão e absorção de água em blocos de concreto.

Observa-se que a resistência à compressão dos blocos variou conforme o tipo e a quantidade do polímero adicionado, sendo que a substituição parcial do agregado miúdo por 5% de PA resultou na maior resistência de $1,38 \pm 0,09$ MPa, enquanto a adição de 10% do mesmo material levou à menor resistência de $0,97 \pm 0,2$ MPa. Isso sugere que há um limite de incorporação desses resíduos sem comprometer a integridade estrutural do material.

Além do desempenho mecânico, a absorção de água é um fator determinante para a durabilidade dos blocos, pois está diretamente relacionada à porosidade da matriz cimentícia. Os blocos com 10% de PET apresentaram a menor absorção, indicando uma possível redução na permeabilidade e, consequentemente, maior resistência a intempéries. Em contrapartida, os blocos com 10% de PA tiveram a maior absorção, possivelmente devido à maior formação de vazios internos, o que pode comprometer sua durabilidade a longo prazo. Essa tendência sugere que a presença excessiva de polímeros pode afetar a microestrutura do concreto, exigindo um controle rigoroso na formulação para equilibrar resistência e durabilidade.

A análise dos resultados revela uma correlação inversa entre resistência à compressão e absorção de água, evidenciando a importância de otimizar a quantidade de resíduos plásticos incorporados aos blocos. A substituição parcial do agregado miúdo por 5% de PA mostrou-se uma solução promissora, proporcionando maior resistência sem impactar significativamente a absorção. No entanto, a incorporação excessiva desses materiais pode gerar efeitos adversos na estrutura do concreto, tornando essencial a realização de estudos complementares para definir proporções ideais. Dessa forma, a reutilização de resíduos plásticos na construção civil se mostra uma estratégia viável para reduzir a poluição ambiental e desenvolver materiais mais sustentáveis, desde que sejam estabelecidos parâmetros técnicos adequados para garantir a qualidade e o desempenho dos blocos.

A incorporação de resíduos plásticos na construção civil tem sido amplamente estudada por diversos pesquisadores. Segundo Silva et al. (2020), a substituição parcial de agregados naturais por polímeros reciclados pode melhorar a sustentabilidade dos materiais sem comprometer significativamente a resistência mecânica, desde que os teores de adição sejam controlados. Esse achado é consistente com os resultados apresentados, onde a adição de 5% de Poliamida (PA) levou ao maior valor de resistência à compressão. Por outro lado, Martínez et al. (2021) destacam que o excesso de polímeros na mistura pode aumentar a

porosidade do concreto, reduzindo sua resistência e aumentando a absorção de água, o que foi observado na amostra com 10% de PA. Dessa forma, os estudos apontam para a necessidade de um equilíbrio na incorporação desses resíduos para garantir tanto a viabilidade ambiental quanto o desempenho estrutural dos blocos.

CONCLUSÕES

O estudo analisou blocos de concreto para alvenaria de vedação com a incorporação de dois tipos de resíduos termoplásticos triturados, avaliando em laboratório seus efeitos na absorção de água e na resistência à compressão. Os resultados demonstraram que a adição controlada desses resíduos pode contribuir para a sustentabilidade dos materiais sem comprometer totalmente o desempenho mecânico.

Os blocos com 10% de PET atenderam ao limite de absorção da NBR 6136 (ABNT, 2016), com média de 10,25%, enquanto os com 10% de PA tiveram a maior absorção, atingindo 12,84%. Os resultados de resistência à compressão ficaram abaixo do mínimo de 3 MPa exigido pela norma. O principal fator para isso foi a formação de grumos no concreto, devido ao processo de mistura com betoneira, comprometendo a qualidade dos blocos.

Conclui-se que a incorporação de resíduos termoplásticos influenciou as propriedades dos blocos, destacando-se a adição de 5% de PA como uma solução promissora, pois proporcionou um bom equilíbrio entre sustentabilidade e desempenho mecânico. Além disso, o controle adequado dos teores de adição é essencial para evitar aumento excessivo da porosidade e garantir a viabilidade estrutural do material. De modo a promover o conhecimento científico e a reutilização de resíduos urbanos, sugere-se novos estudos utilizando os mesmos compósitos, porém com incorporação do material em granulometria menor e com outro método de mistura para melhorar a dispersão do mesmo e evitar a criação de zonas frágeis oriundas da aglomeração de aditivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. **NBR 12118:2014** – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
2. ABNT. **NBR 6136:2016** – Blocos vazados de concreto para alvenaria estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
3. BARRETO, J. M. L.; COSTA, H. N.; CÂNDIDO, L. F. Propriedades de blocos de concreto com adições de PET reciclado. **Matéria (Rio J.)**, v. 24, n. 2, p. e-12265, 2019.
4. BEZERRA, Antonio Carlos Lapa et al. Análise das propriedades mecânicas do concreto com adição de seixo e polietileno tereftalato (PET). **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 16, n. 2, p. e4530-e4530, 2025.
5. KONG, X. et al. Mechanical properties and durability of concrete with recycled fibers: A review. **Construction and Building Materials**, v. 172, p. 378-388, 2018. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.027.
6. LAZZERIS, F.D.; ALIONÇO, H.; DUARTE, T. R. S. Viabilidade técnica da produção de blocos de concreto de alta resistência preparados com plásticos reciclados para aplicação em pavimentação intertravada. 2019.
7. MARTÍNEZ, L. A.; SOUZA, R. P.; FERREIRA, T. M. Efeito da incorporação de resíduos plásticos na porosidade e resistência de concretos para alvenaria estrutural. **Revista de Materiais Sustentáveis**, v. 12, n. 1, p. 23-37, 2021.
8. MOUCHREK, R. M.; ARAÚJO, M.; PICANÇO, M. Estudo da resistência à compressão do concreto desenvolvido com resíduos de PVC. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 4, 2021.
9. OLIVEIRA, D. F.; MARTINS, E. L. Impactos ambientais da extração de agregados naturais para a construção civil. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 2, p. 112-128, 2020.
10. RIBAS, A. C.; RABBANI, E. K.; SILVA, A. J.; DELMIRO, T. D. Avaliação da substituição parcial do agregado miúdo por resíduos plásticos (PET) no concreto. **Boletim do Tempo Presente**, v. 8, n. 4, p. 21-30, 2020.
11. SANTOS, G. H.; LIMA, R. P. Logística reversa na construção civil: uma alternativa sustentável para a gestão de resíduos. **Revista de Engenharia Civil**, v. 15, n. 1, p. 33-41, 2019.
12. SILVA, José Bezerra da et al. Avaliação do desempenho de blocos de concreto estrutural dosados com politereftalato de etileno (PET) micronizado. Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.
13. SILVA, A. B.; SOUZA, C. R. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 45-52, 2020.
14. SILVA, J. R.; ALMEIDA, P. H.; COSTA, M. F. Influência da substituição de agregados naturais por polímeros reciclados na resistência do concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2020.
15. SCHILIVE, P. M. S. et al. Blocos de concreto com resíduos de PET: alternativa para sustentabilidade urbana. **Paranoá**, n. 31, p. 1-10, 2021.
16. ZHANG, X. et al. Effect of polypropylene fiber on the properties of permeable concrete. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 32, n. 6, p. 04020083, 2020. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003347.