

DOI: 10.46943/XI.CONEDU.2025.GT14.007

## REAPROVEITAMENTO DE GARRAFAS PET TRITURADAS COMO ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Luana Dantas de Medeiros<sup>1</sup>

Ana Maria Gonçalves Duarte<sup>2</sup>

Loredanna Melyssa Costa Souza de Almeida<sup>3</sup>

Diva Gudes de Araújo<sup>4</sup>

Camila Gonçalves Luz Nunes<sup>5</sup>

Arthur Nóbrega de Souza<sup>6</sup>

### RESUMO

A produção do PET e utilização do PET tem crescido amplamente nas últimas décadas, porém, com essa intensificação também foram gerados sérios impactos ambientais uma vez que os resíduos oriundos do descarte comumente recebem como destinação os aterros sanitários ou outros fins caracterizados como insustentáveis. Neste sentido, este estudo teve como

---

1 Doutoranda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [luanadantas.engenheira@gmail.com](mailto:luanadantas.engenheira@gmail.com);

2 Doutora do Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [ana.duartemendonca@professor.ufcg.edu.br](mailto:ana.duartemendonca@professor.ufcg.edu.br);

3 Doutora pelo Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [loredanna.souza@servidor.uepb.edu.br](mailto:loredanna.souza@servidor.uepb.edu.br);

4 Doutora pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [divaguedes10@hotmail.com](mailto:divaguedes10@hotmail.com);

5 Doutora pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, [cgln@cademico.ufpb.br](mailto:cgln@cademico.ufpb.br);

6 Mestrando pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [arthurnobrega16@gmail.com](mailto:arthurnobrega16@gmail.com).

objetivo produzir concretos ecológicos com substituição parcial do agregado miúdo convencional por resíduo de garrafas PET triturada, nos teores de 5% e 10%. Foram produzidos corpos de prova de concretos com dimensões de 14 cm x 19 cm x 29 cm e determinadas as propriedades físicas e mecânicas. Observou-se que a resistência a compressão simples obtida atende aos parâmetros normativos e para o teor de 5% obtivesse resultados muito promissores, para a absorção de água, verificou-se que o aumento do percentual de substituição promoveu um leve aumento de absorção, porém os resultados atendem ao que é preconizado pela norma. Desse modo, é possível concluir que a utilização do resíduo de garrafa PET como um insumo para produção de concreto ecológico para uso na construção civil, contribui significativamente para minimizar os impactos ambientais causados pelo seu descarte, além de agregar valor a um resíduo que é produzido diariamente em grandes quantidades e que representam um grave problema ambiental.

**Palavras-chave:** Educação Ambiental, PET, Concreto, Reaproveitamento.

## INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pela construção civil tem estimulado o desenvolvimento e a adoção de materiais alternativos mais sustentáveis (Sangmesh et al., 2023). A construção civil desempenha um papel fundamental no progresso das nações, estando diretamente relacionada à infraestrutura, à geração de empregos e ao crescimento econômico, por meio do elevado volume de investimentos aplicados em setores como indústria, serviços e agropecuária (MENDONÇA et al., 2015; CHAGAS FILHO, 2005). Entretanto, o avanço socioeconômico acarreta um aumento no consumo de recursos minerais, tornando essencial assegurar sua disponibilidade de forma equilibrada. Dessa forma, observa-se uma relação direta entre o desenvolvimento econômico, a qualidade de vida e a gestão sustentável dos bens minerais.

No decorrer dos últimos anos, vem se buscando alternativas de minimizar o uso de matérias primas naturais, com isso, estudos estão sendo realizados de maneira a analisar a incorporação de materiais alternativos dentro da indústria da construção civil (PANDOLFELLI, 2009). Que esses materiais possui a finalidade de reduzir os custos, reduzir os descartes desses matérias de forma inadequada no meio ambiente, com o intuito de minimizar os impactos ambientais.

O emprego de plásticos em diferentes setores cresceu rapidamente desde a invenção dos primeiros polímeros sintéticos no início do século XX. Entre eles, o politereftalato de etileno (PET) destaca-se como um termoplástico amplamente utilizado na fabricação de embalagens, sobretudo garrafas de bebidas. Produzido a partir de derivados do petróleo, um recurso não renovável o PET é resistente à degradação natural e pode persistir no ambiente por longos períodos (Du et al., 2010). O descarte inadequado desse material contribui para a poluição de rios e oceanos, perturbando cadeias alimentares e liberando compostos potencialmente tóxicos, além de associar-se a emissões poluentes ao longo do seu processo produtivo.

Com o aumento contínuo do uso do PET na fabricação de embalagens plásticas, a necessidade de sua reciclagem tornou-se uma medida indispensável. Diversos estudos têm se dedicado à análise das propriedades desse material reciclado, especialmente em virtude do crescimento expressivo de sua produção, que vem alcançando taxas anuais de aproximadamente 10% (Bezerra et al., 2015).

Os materiais poliméricos possuem grande relevância tecnológica, uma vez que suas propriedades físico-químicas e mecânicas estão intimamente ligadas às condições de processamento e à morfologia resultante. Assim, compreender as relações entre estrutura e desempenho desses materiais é fundamental. Nesse contexto, o reaproveitamento do PET em aplicações na construção civil representa um desafio promissor, que envolve dimensões ambientais, sociais e econômicas.

Portanto esta pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho de blocos de concreto estrutural com substituição parcial do agregado miúdo por Politereftalato de etileno triturado.

## METODOLOGIA

Os materiais utilizados se dividem em três grupos, materiais granulares (agregados), o cimento (Portland CPV - ARI) e o Politereftalato de etileno (PET) triturado.

- Agregado graúdo: de origem granítica proveniente da pedreira explorada pela CONTEC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, situada no município de Pocinhos-PB, e apresentando diâmetro máximo padronizado para brita 0e o pó de pedra.
- Agregado miúdo: do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba.
- Cimento: foi o Portland CPV-ARI, fornecido pela fábrica de cimento Zebu, no município de Santa Rita-PB. A escolha desse

tipo de cimento deve-se à sua alta resistência inicial, que permite a desmoldagem imediata dos corpos de prova.

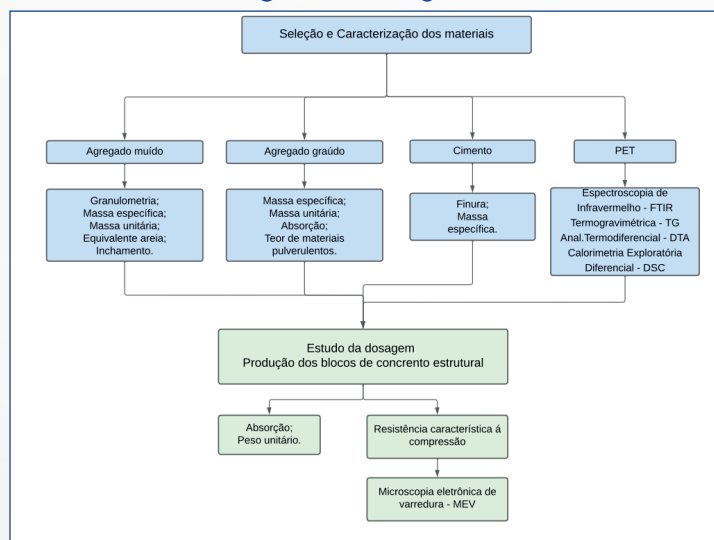
- **PET:** O polímero empregado foi do tipo triturado, proveniente da reciclagem de garrafas PET. Trata-se de um plastômero denominado Politereftalato de Etileno (PET), adquirido junto à empresa DEPET Reciclagem, situada no município de Campina Grande-PB.
- **Água:** Utilizou-se água potável fornecida pela CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba).

Com o intuito de avaliar o desempenho de blocos de concreto estrutural com substituição parcial do agregado miúdo por Politereftalato de etileno triturado (PET), foram produzidos corpos de prova com teores de PET 5% e 10% e com dimensão de 14 cm x 19 cm x 29 cm.

Os métodos de ensaios utilizados baseiam-se em normas, entre elas, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e normas internacionais da ASTM e da AASHTO.

A Fig. 1 apresenta o fluxograma das etapas da pesquisa, atividades e ensaios que foram realizados.

**Figura 1- Fluxograma**



Fonte: Autores (2025).

Inicialmente realizou a seleção e caracterização dos materiais, através de ensaios físicos, químicos e mineralógicos, seguindo para a modelagem dos blocos de concreto estrutural substituindo o agregado miúdo por 5% e 10 % de PET triturado e depois verificação das propriedades físicas e mecânicas dos blocos de concreto estruturais (fig. 2) através da absorção de água, peso unitário e resistência a compressão simples e realização do ensaio de microscopia eletrônica de varredura visando avaliar a estrutura interna do concreto com incorporação de PET nos teores supracitados.

**Figura 2-** modelagem dos blocos de concreto



**Fonte:** Autores (2025).

Para a confecção dos blocos de concreto estrutural desta pesquisa, foi realizado um estudo de dosagem com base no método proposto pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). A partir desse procedimento, foi definida a proporção dos materiais em massa na relação 1:1,492:0,166:0,166:0,66, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Teores de substituição de agregado miúdo por Politereftalato de etileno triturado.

Concreto	Traços
<b>Concreto de Referencia</b>	Cimento: ag. miúdo: ag. graúdo: água 1: 1,66:1,66:0,66
<b>Concreto com 5,0% PET</b>	1: 0,082: 1,575: 1,660: 0,66
<b>Concreto com 10% PET</b>	1: 0,166: 1,492: 1,660: 0,66

Fonte: Autores (2025).

Os ensaios para determinação da absorção e do peso unitário foram realizados de acordo com os procedimentos normativos aplicáveis. Para a avaliação das características mecânicas, executou-se o ensaio de resistência à compressão simples nas idades de controle de 3, 7 e 28 dias. Com o objetivo de simular as condições reais de cura adotadas em fábricas de pré-moldados, os blocos foram armazenados em lotes, mantendo-se protegidos do contato direto com água e agentes químicos durante o período do ensaio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O agregado graúdo utilizado no estudo foi a brita de rocha granítica, com dimensão máxima característica de 6,3 mm. Os resultados das caracterizações físicas estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Caracterização física do agregado graúdo.

Ensaio	Valores obtidos
Massa específica do agregado seco (ABNT NBR 16917:2021)	$\gamma_p = 2,63 \text{ g/cm}^3$
Massa específica do agregado na condição saturada superfície seca (ABNT NBR 16917:2021)	$\gamma_{\text{sat}} = 2,64 \text{ g/cm}^3$
Massa específica aparente (ABNT NBR 16917:2021)	$\gamma_p = 2,67 \text{ g/cm}^3$
Absorção (ABNT NBR 16917:2021)	Abs=0,66%

Fonte: Autores (2025).

De acordo com BAUER (1995), a massa específica para o agregado graúdo encontra-se na média de 2,7g/m<sup>3</sup> e o valor da absorção de agregados de origem granítica é de aproximadamente 0,3 segundo Chagas

Filho et al. (2014), portanto os valores obtidos nesta pesquisa se aproximam dos valores de referência.

A distribuição do tamanho dos grãos do agregado graúdo está especificada na Tabela 3, seguindo a NBR 17054 (2022). Que mostra que o agregado graúdo apresentou módulo de finura de 6,19 e diâmetro máximo de 6,3 mm, com maior retenção nas peneiras de 6,3 mm e 4,8 mm. Conforme a NBR 7211 (2022), esse material é classificado como brita 0, atendendo à NBR 6136 (2016), que limita o tamanho do agregado a metade da menor dimensão do bloco.

O pó de pedra apresentou módulo de finura de 4,8 e diâmetro máximo de 2,83 mm, o que favorece o preenchimento dos vazios entre os grãos, resultando em misturas mais densas e com menor porosidade.

**Tabela 3:** Composição granulométrica do agregado graúdo

Peneiras (mm)	Material retido (g)	Porcentagem em massa (%)	
		Retida	Acumulada
6,30	2382,00	39,70	39,70
4,80	2604,00	43,40	83,10
2,40	955,20	15,92	99,02
1,20	22,20	0,37	99,39
0,60	6,40	0,11	99,50
0,30	5,11	0,09	99,58
0,15	6,04	0,10	99,68
Fundo	18,54	0,31	99,99
Soma	5999,49	100,00	
Módulo de finura			6,19
Diâmetro máximo			6,30 mm
Módulo de finura (pó de pedra)			4,80
Diâmetro máximo (pó de pedra)			2,83 mm

**Fonte:** Autores (2025).

O agregado miúdo foi utilizado areia quartzosa proveniente do leito do Rio Paraíba. Os resultados obtidos no ensaio de granulometria estão apresentados na Tabela 4, seguindo a NBR 17054 (2022). Os resultados indicam um módulo de finura de 2,5%, dentro da faixa ideal de 2,20 a 2,90%, classificando o material como areia de granulometria média, con-

forme a NBR 7211 (2022). O diâmetro máximo de 2,36 mm demonstra que a areia é bem graduada, o que melhora a trabalhabilidade e reduz os vazios na mistura de concreto.

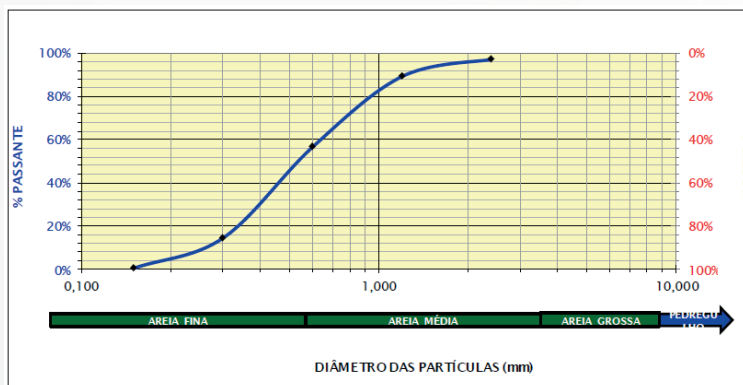
**Tabela 4:** Composição granulométrica do agregado miúdo.

Peneiras (mm)	Material retido (g)	Porcentagem em massa (%)	
		Retida	Acumulada
2,4	28,95	2,9	2,9
1,2	79,09	7,91	10,81
0,6	326,32	32,65	43,46
0,3	420,85	42,11	85,56
0,15	140,28	14,04	99,6
Fundo	4	0,4	100
Soma	999,49	100,00	-
Módulo de finura			2,52
Diâmetro máximo			2,36

**Fonte:** Autores (2025).

A composição granulométrica do agregado miúdo desempenha papel fundamental na preparação de concretos e argamassas. As dimensões do agregado têm efeito direto sobre os vazios, no fator água/cimento e na trabalhabilidade das misturas de concreto. A curva granulométrica para o agregado miúdo (areia quartzosa) está ilustrada na Fig.3, e, conforme se observa graficamente, trata-se de uma areia bem graduada.

**Figura 3:** Curva granulométrica do agregado miúdo.



**Fonte:** Autores (2025).

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados obtidos para caracterização do agregado miúdo, seguindo as prescrições estabelecidas pelas normas da ABNT. Os ensaios mostraram massa específica real de 2,61 g/cm<sup>3</sup>, valor próximo ao relatado por Souza (2008) e dentro dos limites propostos por Petrucci (1995). A massa unitária obtida foi 1,429 g/cm<sup>3</sup>, também semelhante à literatura, indicando boa densidade do agregado com os vazios. O ensaio seguiu a ABNT NBR 16972:2021, com cuidado para evitar segregação. O teor de materiais pulverulentos foi de apenas 0,07%, bem abaixo dos valores usuais (3-5%), mostrando baixa presença de finos. Essa característica é positiva, pois reduz a necessidade de água e evita retrações e perdas de resistência no concreto. Teores elevados de finos prejudicam a aderência e a hidratação, comprometendo o desempenho estrutural.

**Tabela 5:** Caracterização física do agregado miúdo.

Ensaio	Valores obtidos
Massa específica real (ABNT NBR 16916:2021)	2,618 g/cm <sup>3</sup>
Massa unitária no Estado Solto (ABNT NBR 16972:2021)	1,429 g/cm <sup>3</sup>
Teor de Materiais Pulverulentos (ABNT NBR 16973:2021)	0,07%

**Fonte:** Autores (2025).

Analisando-se os resultados da Tabela 6, verifica-se que a massa específica do cimento CP V é de 3,10 g/cm<sup>3</sup>. O módulo de finura obtido foi igual a 1,40%. Este valor satisfaz ao limite máximo estabelecido pela norma da ABNT NBR 11579 (ABNT, 2012) que é igual a 12%.

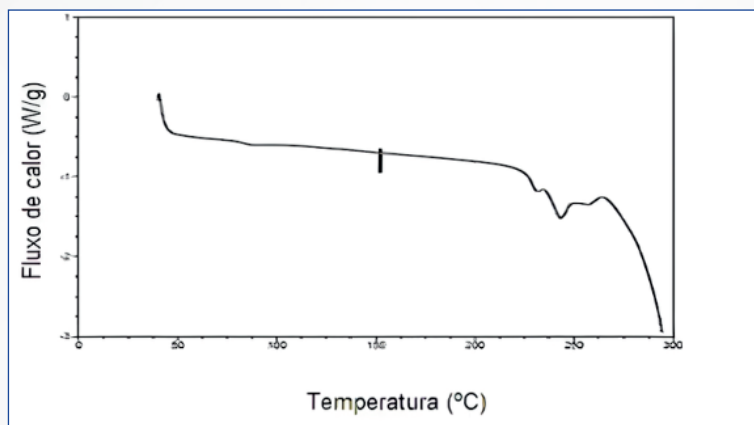
**Tabela 6:** Caracterização física do cimento.

Ensaio	Valores obtidos
Massa específica (DNER-ME 085/1994)	3,10 g/cm <sup>3</sup>
Finura (ABNT NBR 11579:2012)	1,40%

**Fonte:** Autores (2025).

A Fig. 4 ilustra as curvas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para o Politereftalato de etileno triturado. Que se pode notar a ocorrência de picos endotérmicos a partir da temperatura de 200°C, indicando a ocorrência de modificações físicas e químicas na composição do Politereftalato de etileno.

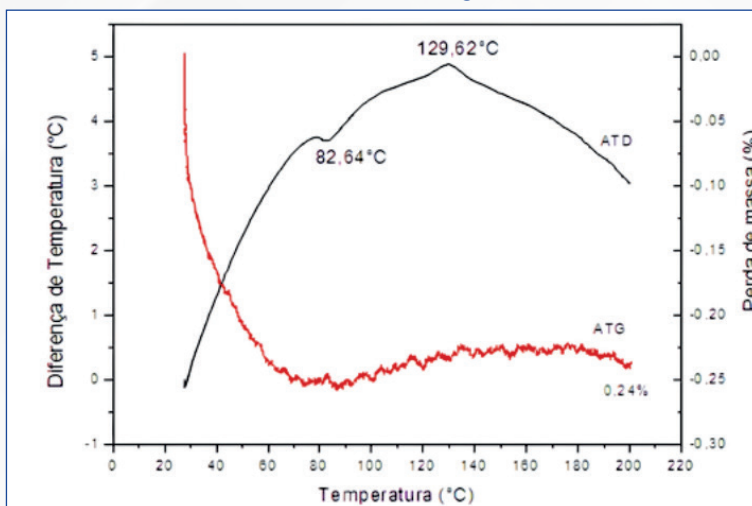
**Figura 4:** Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para o Politereftalato de etileno triturado.



**Fonte:** Autores (2025).

A Figura 5 apresenta as curvas de análise termodiferencial e termogravimétrica do Politereftalato de Etileno (PET) triturado. Observa-se a ocorrência de um pico endotérmico em torno de 82,6 °C, indicando a transição do material do estado sólido para o líquido, acompanhada por uma leve perda de massa. Já a aproximadamente 129,6 °C, verifica-se um pico exotérmico, relacionado a uma nova mudança de fase, de líquido para vapor. Pela análise da curva termogravimétrica, constatou-se uma perda total de massa de cerca de 0,24%, o que demonstra a boa estabilidade térmica do material estudado.

**Figura 5:** Análise termodiferencial e termogravimétrica do PET triturado.

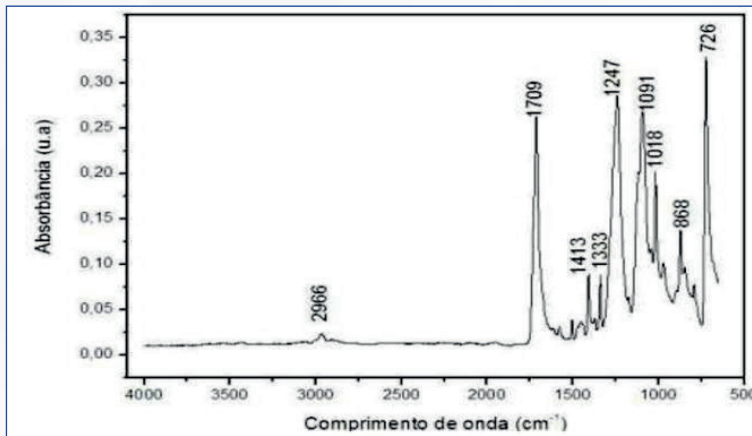


**Fonte:** Autores (2025).

A Fig. 6 apresenta o espectro de infravermelho do Politereftalato de Etileno (PET) triturado. A análise evidencia diversas estruturas funcionais características da cadeia polimérica do material. Observa-se uma banda em torno de  $3000\text{ cm}^{-1}$ , associada à vibração axial do grupo ( $=\text{C}-\text{H}$ ), típica de compostos aromáticos, como o benzeno. A banda em  $1709\text{ cm}^{-1}$  corresponde ao estiramento da ligação  $\text{C}=\text{O}$  de ácidos carboxílicos, enquanto a de  $1247\text{ cm}^{-1}$  está relacionada ao estiramento  $\text{C}(\text{O})-\text{O}$  de grupos éster. Já as bandas em  $1091\text{ cm}^{-1}$  e  $1018\text{ cm}^{-1}$  indicam o estiramento da ligação  $\text{C}-\text{O}$ , e o pico em aproximadamente  $726\text{ cm}^{-1}$  representa a deformação angular dos carbonos di-substituídos presentes no anel aromático.

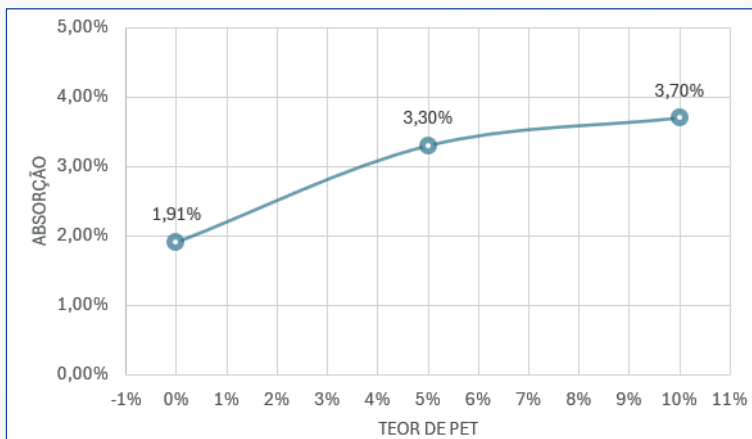
Analisando os resultados de absorção de água de blocos de concreto com 0%, 5% e 10% apresentados na Fig. 7, observa-se que o concreto de referência apresentou absorção de água de 1,91%, enquanto o concreto com adições de PET apresentou resultados superiores, indicando um valor máximo de absorção para adição de 10% de PET.

**Figura 6:** Espectroscopia de infravermelho do Politereftalato de etileno.



**Fonte:** Autores (2025).

**Figura 7:** Absorção de água de blocos de concreto.



**Fonte:** Autores (2025).

A substituição do agregado miúdo por PET triturado resultou em aumento da absorção de água em todas as misturas analisadas. Esse comportamento está associado às propriedades hidrofóbicas do PET, que faz com que a água excedente seja retida na matriz cimentícia, ampliando a porosidade e, conseqüentemente, o percentual de absorção. Segundo Pandolfelli (2009), as partículas de cimento tendem a se aglomerar em contato com a água, devido às forças de atração interpartículas, interações eletrostáticas e ligações com moléculas de água ou hidratos. O excedente

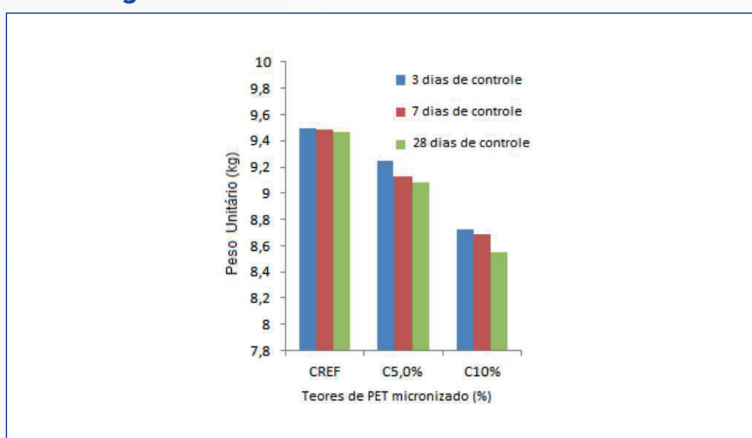
de água, após a hidratação, é expulso, formando vazios e capilares que intensificam a absorção.

Ao comparar os resultados obtidos com os limites da ABNT NBR 6136 (2016), observa-se que todos os valores estão dentro dos parâmetros normativos para blocos de concreto estrutural com agregados normais ou leves ( $\leq 10,0\%$  e  $\leq 13,0\%$  em média,  $\leq 16,0\%$  individual). Apesar da natureza hidrofóbica do PET, a absorção máxima verificada permaneceu significativamente inferior ao limite exigido.

O peso específico aparente dos materiais está diretamente relacionado ao seu grau de adensamento e à compacidade, ou seja, à quantidade de vazios existente entre as partículas. No contexto brasileiro, é comum que a dosagem de concretos e argamassas ainda seja realizada em volume nos canteiros de obras, o que torna o conhecimento do peso específico aparente dos agregados essencial para o cálculo adequado dos traços.

A Fig.7 apresenta os resultados obtidos para o peso unitário dos blocos de concreto analisados: o concreto de referência (CREF) e as misturas com diferentes teores de PET triturado (C5% e C10 %).

**Figura 8:** Peso unitário dos blocos de concreto.

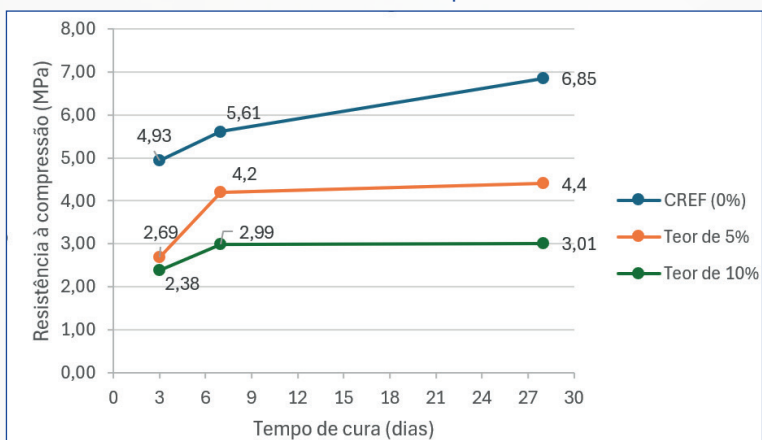


A Figura 7 evidencia que o aumento do teor de PET triturado nas misturas resultou em uma redução progressiva do peso unitário dos blocos de concreto estrutural. A diminuição mais significativa foi observada no teor de 10% de substituição do agregado miúdo, com uma redução apro-

ximada de 10% no peso aos 28 dias. Esse comportamento está associado ao menor peso específico do PET triturado em comparação à areia quartzosa empregada como agregado miúdo. Essa redução no peso unitário contribui positivamente para a produtividade, facilitando o transporte e o manuseio das peças, além de diminuir os esforços durante a execução da obra e o peso total da estrutura.

A Figura 8 apresenta os valores de resistência característica à compressão dos blocos de concreto de referência e do concreto com substituição do agregado miúdo por 5,0% e 10% de PET em função do tempo de cura de 3, 7 e 28 dias.

**Figura 8:** Resistência característica à compressão de blocos de concreto



**Fonte:** Autores (2025).

A Fig. 8 mostra que a incorporação de Politereftalato de Etileno (PET) triturado resultou em uma redução da resistência característica do concreto em todos os teores de substituição do agregado miúdo e para todos os períodos de cura avaliados. Esse comportamento está relacionado à menor resistência mecânica intrínseca do polímero em comparação aos agregados minerais, que possuem maior rigidez e resistência. Além disso, a ausência de interação química efetiva entre o PET e a matriz cimentícia contribui para o aumento da porosidade e da absorção de água, fato-

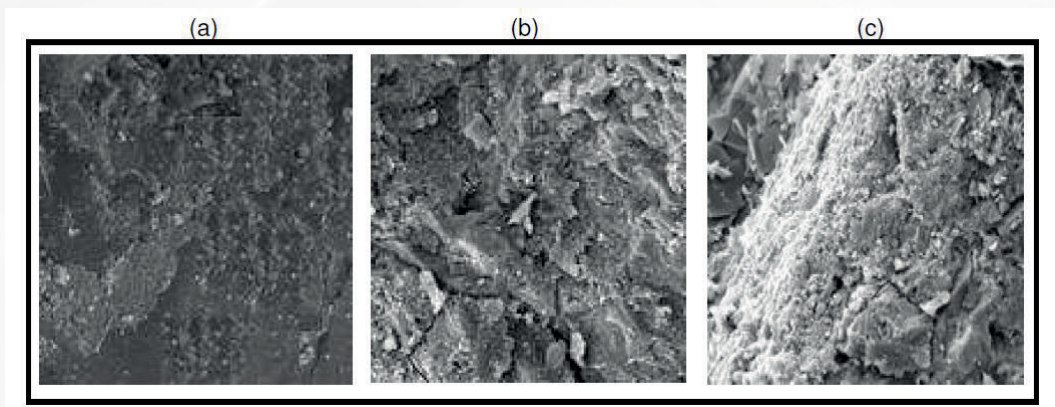
res que reduzem a coesão interna e, conseqüentemente, a resistência do material.

Aquino (2013), ao estudar a utilização de PET reciclado como substituto parcial do agregado miúdo em argamassas, verificou que teores de 30% e 50% reduziram a resistência mecânica em cerca de 50%, enquanto a substituição de 70% resultou em valores muito baixos, tornando seu uso inviável.

No presente estudo, o melhor desempenho foi obtido com a substituição de 5% do agregado miúdo por PET triturado, que apresentou resultados satisfatórios tanto em termos de resistência quanto de viabilidade técnica. Conforme a ABNT NBR 6136 (2016), os blocos produzidos com esse teor de substituição enquadram-se na Classe B, sendo considerados blocos estruturais adequados para uso acima do nível do solo, mantendo desempenho compatível com os requisitos normativos.

As micrografias apresentadas na Fig. 9 evidenciam diferenças significativas na microestrutura dos concretos analisados. No concreto de referência (Fig. 9a), observa-se uma superfície densa e homogênea, com poucas irregularidades e baixa porosidade. Já na amostra com 5% de PET triturado (Fig. 9b), nota-se uma textura mais rugosa e irregular, com partículas de PET dispersas na matriz, indicando ausência de reação entre o polímero e o cimento. Também são visíveis cristais hexagonais de monossulfato hidratado e estruturas aciculares de etringita, resultantes da hidratação dos aluminatos ( $C_3A + \text{gesso}$ ), além de poros e pequenas inclusões. No concreto com 10% de PET triturado (Fig. 9c), a superfície mostra-se altamente heterogênea, com agregados e partículas de PET mal aderidos à pasta de cimento, o que explica o menor desempenho mecânico observado para esse teor de substituição.

**Figura 9:** Micrografias do concreto com aumento de 5000 vezes. (a) Concreto de referência; (b) concreto com teor de 5% de PET; (c) concreto com 10% de PET.



**Fonte:** Autores (2025).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os estudos realizados sobre o uso do Politereftalato de Etileno (PET) em substituição parcial ao agregado miúdo em concretos destinados à produção de blocos estruturais, foi possível obter as seguintes conclusões:

O teor de 5% de PET triturado apresentou o melhor desempenho mecânico, destacando-se entre os teores avaliados. A substituição do agregado miúdo por PET ocasionou um aumento na absorção de água em relação ao concreto de referência, sendo esse aumento mais pronunciado no teor de 10%, embora todos os valores permaneçam dentro dos limites estabelecidos pelas normas técnicas.

Verificou-se também que a inclusão do PET resultou em uma redução gradual do peso unitário dos blocos de concreto, à medida que o percentual de substituição aumentou. Quanto à resistência à compressão simples, observou-se uma diminuição dos valores em comparação ao concreto de referência, especialmente para o teor de 10% de PET, que apresentou a menor resistência entre as misturas.

Entretanto, os blocos produzidos com o teor de 5% de substituição mantiveram valores de resistência adequados para aplicação em estru-

turas acima do nível do solo, demonstrando o potencial do PET reciclado como alternativa sustentável no setor da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211**- Agregados para concreto - Especificação, 9 p. Rio de Janeiro, 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 16916** - Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16917** - Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16972** - Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16973**: Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 17054** - Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136** - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos, 9p. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 11579**: Cimento Portland Comum - Determinação do módulo de finura. Rio de Janeiro, 2012.

AQUINO, José Lourenço Santos. **Desenvolvimento de compósitos de matriz cimentícia utilizando resíduos de politereftalato de etileno (PET) e de areia de britagem na produção de concretos**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 123fls, 2013.

BAUER, L.A.Falcão, **Materiais de Construção**. 5º ed. vol 1 e 2, Ed. LTC, 1995.

BEZERRA DA SILVA, J.; MENDONÇA, A. M. G. D.; COUTINHO LIRA, Y.; RODRIGUES, J. K. G.; COSTA, D. B. Study of dosage and production of structural blocks in concrete with incorporation of micronized polyethylene terephthalate, **16**º

**NOCMAT- - Construction for Sustainability – Green Materials & Technologies**, 2015.

CHAGAS FILHO, M. B. **Estudo de Agregados Lateríticos para Utilização em Concretos Estruturais**. Tese - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

CHAGAS FILHO, CÂNDIDO, TAÍSSA GUEDES; COUTINHO, YANE. Use of Construction and Demolition Waste in Lateritic Concrete. **Key Engineering Materials** (Online), v. 600, p. 386-395, 2014.

DNER – ME 085/1998 – Agregados – determinação da massa específica real. Rio de Janeiro, 1994.

DU, P., XUE, B., SONG, Y. “Fracture Surface Characteristics and Impact Properties of Poly (butylene terephthalate)”, **Polymer Bulletin**, v. 64, pp. 185-196, 2010.

MENDONÇA, A.M.G.D; ALMEIDA, S.; COUTINHO LIRA, Y.; RODRIGUES, J. K.G.;

BEZERRA DA SILVA J. Study of concrete dosage with use of pet partially replacing fine aggregate, 16° NOCMAT - **Construction for Sustainability – Green Materials & Technologies**, 2015.

PANDOLFELLI, A. L. de Castro, V. C. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil, **Cerâmica** 55 (2009) 18-32.

PETRUCCI, Eladio G.R., **Concreto de Cimento Portland** – 13. Ed. rer./ por Vladimir Antonio Paulon. – São Paulo: globo, 1995.

SANGMESH, B. et al. Development of sustainable alternative materials for the construction of green buildings using agricultural residues: A review. **Construction and Building Materials**, v. 368, p. 130457, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130457>

SOUZA, J. **Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz no traço**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2008.