

“Impacto Da Substituição De Agregado Graúdo Por Poliestireno Expansível: Uma Análise Para Viabilização Na Construção”

Silveira, F. L. S.¹, Lemos, F. M. N.², Castro, I. T.³, Marreiro, K. C.⁴, Sousa, L. F. P.⁵,
Souza, R. S.⁶

¹Graduanda em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, laissa.silveira07@aluno.ifce.edu.br

²Graduando em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, mikael.nobre08@aluno.ifce.edu.br

³Graduanda em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, itala.torres08@aluno.ifce.edu.br

⁴Graduanda em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, karolayne.cruz07@aluno.ifce.edu.br

⁵Graduando em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, lucas.fernandes08@aluno.ifce.edu.br

⁶Professor Mestre, Departamento de Materiais de Construção Civil — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, rayanderson.saraiva@ifce.edu.br, Avenida José de Freitas Queiroz, 5000, Quixadá, Ceará, 63902-580.

RESUMO

O progresso na indústria da construção civil tem sido catalisado pela inovação tecnológica, especialmente na introdução de materiais alternativos para reduzir peso, melhorar eficiência e diminuir custos. O concreto leve, por sua vez, caracteriza-se como um material leve e resistente, que tem seu uso desde blocos de pavimentação até elemento estrutural, e possui como principal característica o menor peso, associado ao uso de algum tipo de agregado leve. Diante deste cenário, o presente estudo foi conduzido para investigar os efeitos da substituição de 10% do agregado graúdo por EPS (poliestireno expandido) no concreto como uma estratégia para promover inovação e consciência ambiental. Ensaios físicos e mecânicos mostraram que os corpos de prova com EPS apresentaram maior absorção de água e índice de vazios, além da diminuição da massa específica e redução na resistência à compressão. Embora inadequado para fins estruturais, esse material pode ser utilizado em outras aplicações.

Palavras-chave: Poliestireno Expandido, Concreto Leve, Agregado Leve.

“Impact Of Replacing Large Aggregate With Expandable Polystyrene: An Analysis For Feasibility In Construction”

ABSTRACT

Progress in the construction industry has been catalyzed by technological innovation, particularly in the introduction of alternative materials to reduce weight, improve efficiency, and lower costs. Lightweight concrete, in turn, is characterized as a light and strong material, with applications ranging from paving blocks to structural elements, and its main feature is reduced weight, associated with the use of some type of

lightweight aggregate. In light of this scenario, the present study was conducted to investigate the effects of replacing 10% of coarse aggregate with EPS (expanded polystyrene) in concrete as a strategy to promote innovation and environmental awareness. Physical and mechanical tests showed that the specimens with EPS exhibited higher water absorption and void index, along with a decrease in specific mass and reduction in compressive strength. Although unsuitable for structural purposes, this material can be used in other applications.

Keywords: Expanded Polystyrene, Lightweight Concrete, Lightweight Aggregate.

1. INTRODUÇÃO

Os concretos leves têm se destacado como uma escolha proeminente na indústria da construção devido à sua singular capacidade de proporcionar uma redução significativa no peso das estruturas. Este benefício não apenas promove uma maior eficiência no transporte e manuseio dos materiais durante o processo construtivo, mas também contribui para a diminuição dos custos associados à sustentação da estrutura ao longo de sua vida útil ⁽¹⁾.

No entanto, apesar dessas vantagens, os concretos leves enfrentam um desafio notável representado pela tendência de redução na resistência à compressão em comparação com os concretos tradicionais ⁽²⁾. Esta diminuição na capacidade de suportar cargas pode levantar preocupações significativas em relação à integridade estrutural das construções.

Diante desse cenário, torna-se imperativo adotar medidas que busquem mitigar a lacuna entre a redução de peso e a manutenção da resistência desses materiais. Nesse contexto, este artigo dedica-se a examinar especificamente o impacto da substituição de 10% do agregado graúdo por poliestireno expansível (EPS) em concretos não necessariamente leves, mas com densidade reduzida. Conforme destacado por Oliveira, o EPS, descoberto em 1949, é classificado como um polímero, sendo sua produção mundial superior a 2,95 milhões de toneladas por ano e utilizado em diversos setores, incluindo embalagens industriais, produtos de consumo, indústria alimentícia, agricultura e construção civil ⁽³⁾.

A investigação minuciosa do comportamento resultante dessa substituição e suas implicações estruturais torna-se fundamental para a compreensão e aprimoramento contínuo das propriedades dos concretos com resíduos. O objetivo principal é viabilizar sua aplicação segura e eficiente na indústria da construção civil, considerando as crescentes demandas por materiais mais sustentáveis e

inovadores.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

A condução metodológica deste estudo abarcou as etapas descritas a seguir. Inicialmente, foram produzidos quatro corpos de prova com dimensões precisas, caracterizados por um diâmetro de 10 cm e uma altura de 20 cm, distribuídos em dois grupos distintos. Deste total, dois corpos de prova foram elaborados segundo o traço de referência, sem qualquer substituição, ao passo que os outros dois foram confeccionados com uma parcial substituição de agregado graúdo por poliestireno expandido (EPS).

A escolha dos materiais utilizados na composição dos traços de concreto levou em consideração os seguintes componentes:

- Cimento: Optou-se pelo Cimento Portland V ARI-RS (CPV-ARI-RS), de alta resistência inicial e resistente a sulfatos;
- Agregados Graúdo e Miúdo: Foram utilizadas brita tipo 1 e areia, respectivamente;
- Poliestireno Expandido (EPS): Incorporaram-se pérolas de EPS;
- Água (H₂O): A água foi empregada no processo de mistura.

A formulação dos traços dos concretos foi conduzida de acordo com o método preconizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). O objetivo era atingir, após 28 dias de tempo de cura, uma resistência de projeto (f_{ck}) de 25 MPa e uma resistência média (f_{cj}) de 31,6 MPa, considerando um desvio padrão de 4, devido às condições de preparo do concreto, que correspondem à condição A. Todo o processo de produção ocorreu no Laboratório de Mecânica dos Solos do IFCE – Campus de Quixadá/Ceará.

Com base nessas condições, buscou-se avaliar a influência da incorporação dos agregados de poliestireno expandido (EPS) no concreto, mediante a substituição parcial de 10% do agregado graúdo. Para isso, realizou-se o ensaio de granulometria, visando a compreensão aprofundada das características e a determinação da distribuição granulométrica dos agregados miúdo (areia) e graúdo (brita nº1), conforme estabelecido pela norma NBR 17054 ⁽⁴⁾.

Além disso, foram conduzidos ensaios específicos para determinação das

massas específicas e compactadas dos agregados, seguindo as normativas NBR NM 52⁽⁵⁾, para agregado miúdo, e NBR 17917⁽⁶⁾, para agregado graúdo.

Após a condução de todos os ensaios fundamentais, os traços para a elaboração dos concretos foram estabelecidos: o traço de referência 1 : 1,4 : 2,76 : 0,47 (em massa) e o traço de substituição 1 : 1,63 : 2,73 : 0,303 : 1,42 (em volume). A partir destes traços, foram calculadas as quantidades de materiais necessários para a produção dos corpos de prova, aplicando uma taxa de desperdício de 15% no traço de referência e 30% no traço com substituição, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de material por corpo de prova.

	Traço de referência (Kg)	Traço com substituição (cm ³)
Cimento	0,910	286
Areia	1,265	468
Brita	2,475	793
Eps	0	84,5
Água	0,405	409

Posteriormente à elaboração do traço, procedeu-se à confecção dos corpos de prova, realizando a homogeneização manual por aproximadamente 15 minutos. Logo após, a etapa de moldagem dos corpos de prova envolveu o adensamento manual em duas camadas, cada uma compactada com 12 golpes homogêneos, seguido pelo processo de cura em um reservatório de água, conforme preconizado pela norma NBR NM 5738⁽⁷⁾.

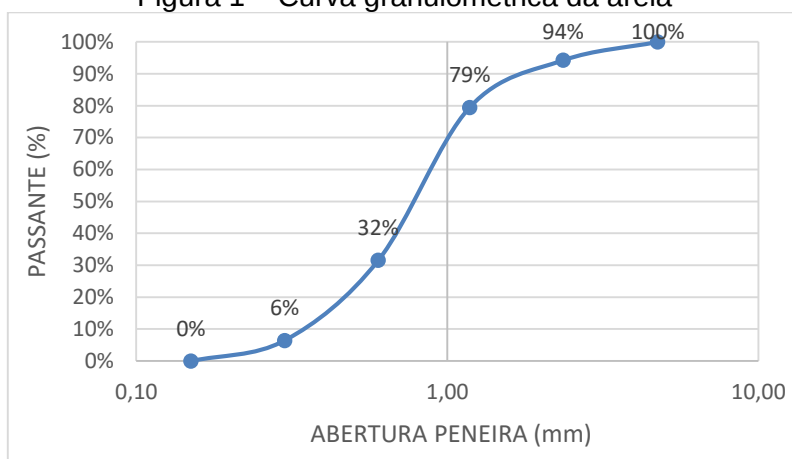
Após a cura, foi realizado o ensaio para determinar a absorção de água por capilaridade, seguindo as diretrizes da NBR 9779⁽⁸⁾ e a absorção de água e índice de vazios e massa específica, conforme a norma NBR 9778⁽⁹⁾. Posteriormente, foram conduzidos ensaios de resistência mecânica à compressão, conforme as normas estabelecidas pela NBR 5739⁽¹⁰⁾ utilizando uma prensa para avaliação das propriedades mecânicas. Todos esses procedimentos foram executados no mesmo laboratório de origem do concreto, em Quixadá-CE, utilizando os quatro corpos de prova produzidos.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

As curvas granulométricas revelaram que, no agregado miúdo, há uma

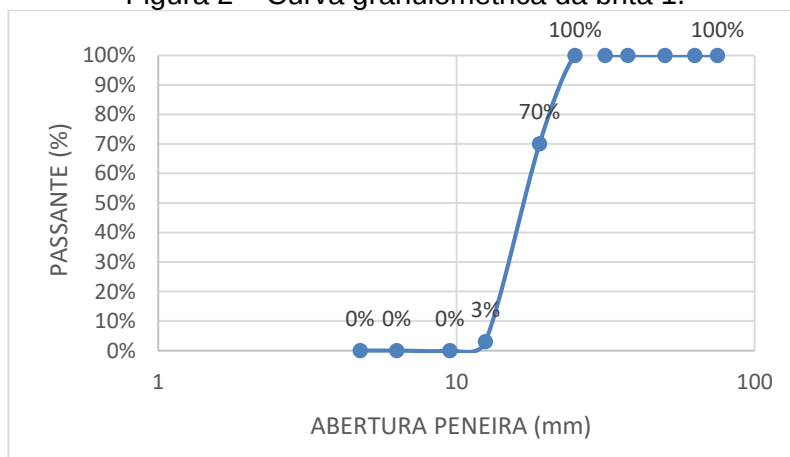
distribuição equilibrada de materiais entre as peneiras, indicando uniformidade nos grãos de areia, sem serem excessivamente grossos ou finos⁽¹¹⁾. No caso do agregado graúdo, também foi observada uma certa uniformidade nas dimensões das britas, evidenciando uma variedade de tamanhos na amostra, o que resulta em um melhor preenchimento dos vazios no concreto, visto que as britas maiores se encaixam nas menores ⁽¹¹⁾. Essa conclusão é respaldada pela representação gráfica nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Curva granulométrica da areia



Fonte: Autor, 2023.

Figura 2 – Curva granulométrica da brita 1.



Fonte: Autor, 2023.

A qualidade do concreto é significativamente afetada pelo módulo de finura e pelo diâmetro máximo dos agregados, os quais estão evidenciados na Tabela 2, em que o módulo de finura do agregado miúdo assemelha-se à areia média, e o diâmetro máximo do agregado graúdo está na zona utilizável, conforme a norma NBR 17054/⁽⁴⁾.

Tabela 2 – Apresentação do módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados.

Agregado	Módulo de finura	Diâmetro máximo (mm)
Graúdo – Brita 1	-	25
Miúdo – Areia	2,6	4,75

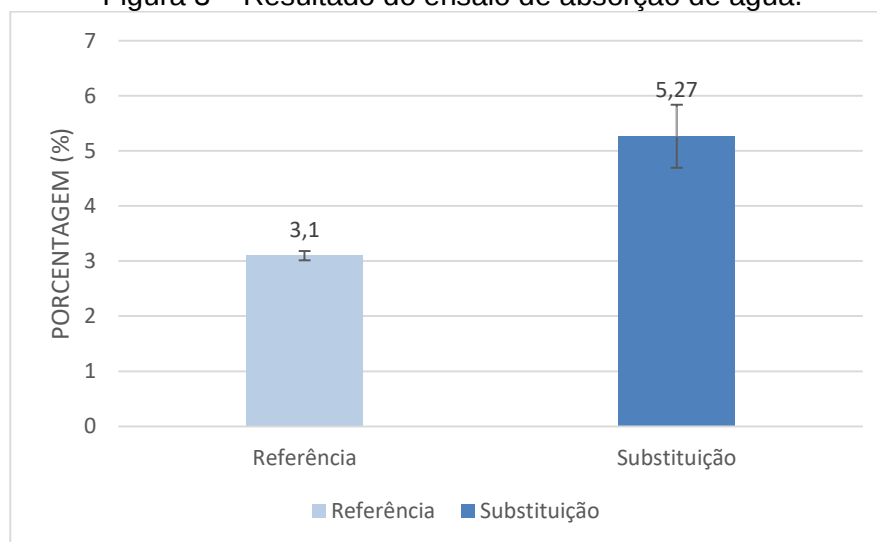
A massa específica dos agregados, expressa como peso por unidade de volume, influencia nas propriedades essenciais do concreto fresco e endurecido, como durabilidade, resistência e trabalhabilidade. São exibidos os resultados obtidos na Tabela 3. Além disso, foi obtido o valor de 1479Kg/m³ para a massa unitária compactada do agregado graúdo.

Tabela 3 – Resultado do ensaio de massa específica.

Agregado	Massa Específica (Kg/m ³)
Graúdo – Brita 1	2730
Miúdo – Areia	2590
Cimento	3000
Água	1000
EPS	15,5

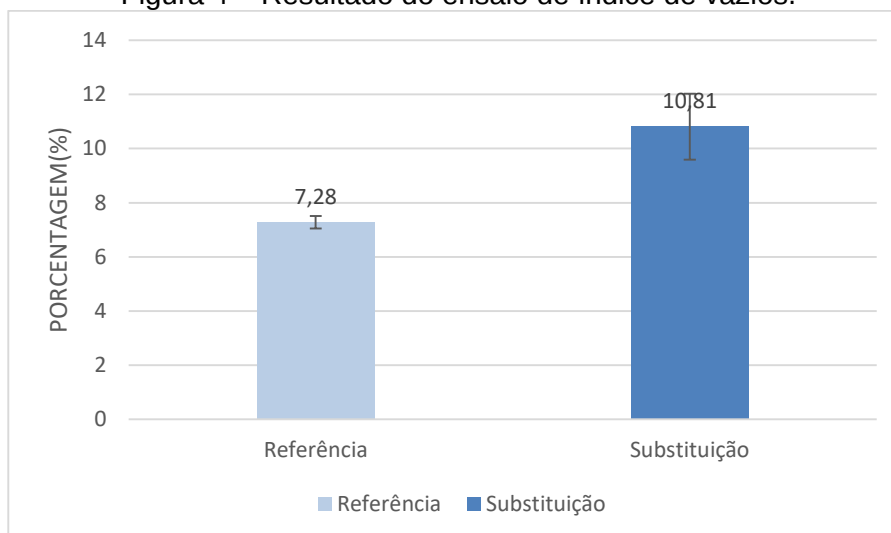
Os ensaios de absorção de água, índice de vazios e absorção de água por capilaridade revelaram que a quantidade de água absorvida e a presença de vazios foram mais proeminentes nos corpos de prova com substituição de 10%. Os índices mencionados anteriormente estão registrados nas Figuras 3, 4 e 5.

Figura 3 – Resultado do ensaio de absorção de água.



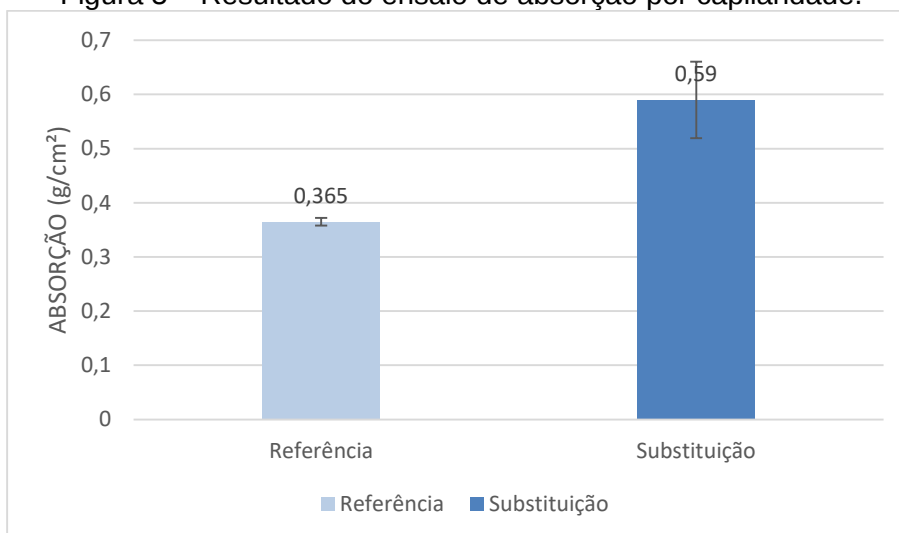
Fonte: Autor, 2023.

Figura 4 – Resultado do ensaio de índice de vazios.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 5 – Resultado do ensaio de absorção por capilaridade.



Fonte: Autor, 2023.

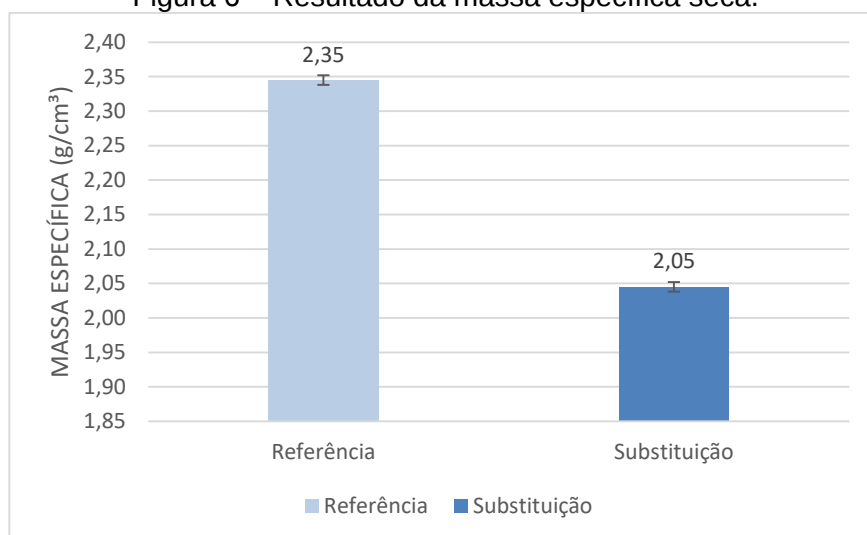
O EPS, caracterizado por sua estrutura celular porosa e natureza hidrofóbica, introduz uma considerável porosidade no concreto ao ser incorporado como agente de enchimento. A presença de vazios e a maior capacidade de absorção de água do EPS em relação à brita têm implicações diretas nas propriedades do concreto, especialmente em termos de resistência e durabilidade.

Os resultados das massas específicas obtidas, conforme ilustrado nas Figura 6, 7 e 8, demonstram uma diminuição quando o agregado é substituído pelo EPS. Essa redução está relacionada à natureza do EPS, um material de baixa densidade devido à sua estrutura celular cheia de ar. A presença dele na mistura reduz a densidade global do concreto, conferindo-lhe leveza, quando comparado a

misturas convencionais que utilizam agregados mais densos, como a brita.

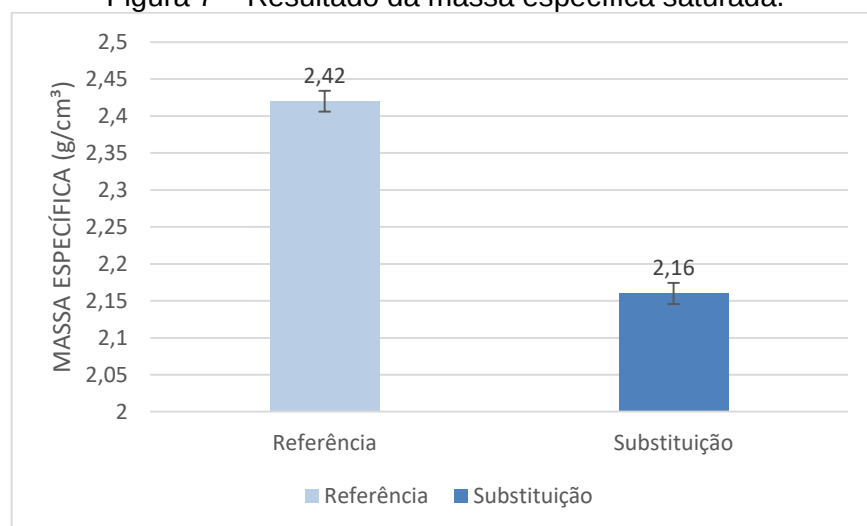
Importante destacar que, embora a diminuição da massa específica possa ser vantajosa em determinados contextos, ela também pode impactar outras propriedades do concreto, como evidenciado na Figura 9, que apresenta o comparativo de resistência mecânica entre os corpos de prova.

Figura 6 – Resultado da massa específica seca.



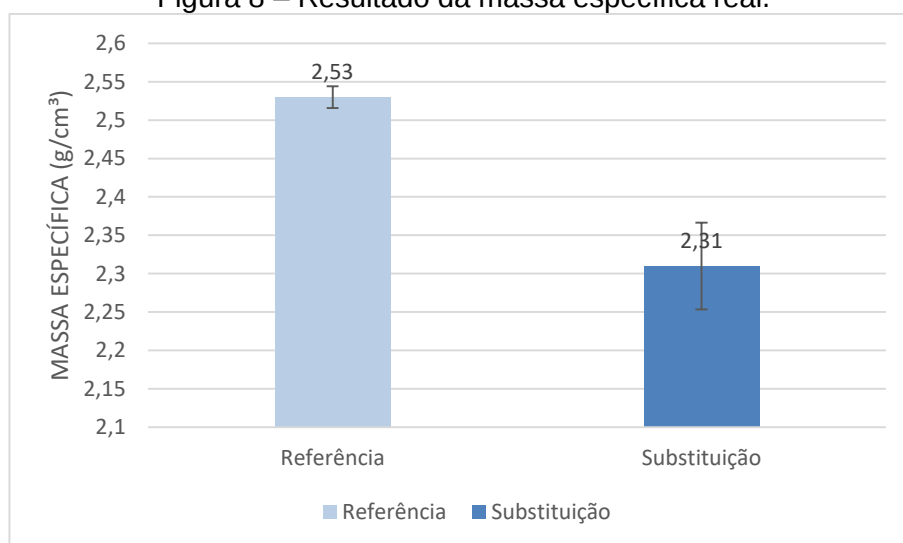
Fonte: Autor, 2023.

Figura 7 – Resultado da massa específica saturada.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 8 – Resultado da massa específica real.

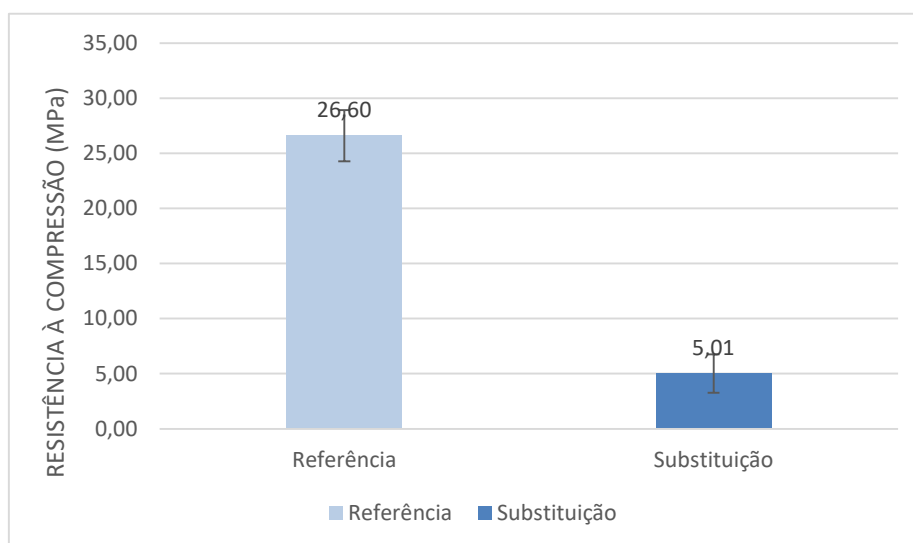


Fonte: Autor, 2023.

No ensaio de resistência mecânica à compressão, foi evidenciado o impacto negativo na redução da resistência ao substituir a brita por EPS. A Figura 9 revela claramente que os corpos de prova submetidos à substituição apresentaram diminuição de resistência em comparação com os corpos de prova de referência. Essa queda pode ser atribuída a vários fatores, como a diminuição da massa específica, o aumento na absorção de água e o aumento no índice de vazios.

Em contraste, os corpos de prova fabricados com o traço de referência demonstraram uma resistência satisfatória. O corpo de prova 1 de referência apresentou um valor próximo ao calculado de 25 MPa, enquanto o de referência 2 superou os 25 MPa. Diferentes elementos, como a técnica de adensamento ou até mesmo a mudança de mão de obra na manipulação da produção, podem ter contribuído para essa divergência de resistência no mesmo material de produção.

Figura 9 – Análise de resistência mecânica à compressão (em MPa) dos corpos de prova produzidos com 0% e 10% de EPS e submetidos a um período de cura de 21 dias.



Fonte: Autor, 2023.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, observou-se que a substituição parcial de 10% do agregado graúdo por EPS influenciou significativamente as propriedades do concreto. O qual apresentou maior presença de vazios e absorção de água, quando comparado ao material convencional. Ademais, houve redução em todas as massas específicas, conferindo a esse material maior leveza, apesar de não enquadrá-lo como concreto leve. Embora a presença do EPS tenha reduzido a densidade e proporcionado leveza, houve uma queda expressiva na resistência à compressão, devido ao aumento de porosidade. Esses elementos combinados evidenciam a complexidade e interconexão das características do concreto.

Assim, com base nas investigações e nos resultados dos ensaios realizados, concluiu-se que, embora a substituição apresente vantagens devido à sua singular capacidade de proporcionar uma substancial redução no peso das estruturas, essa abordagem revela-se menos viável na maioria dos casos devido à expressiva queda na resistência mecânica que a acompanha. No entanto, em situações em que as estruturas requisitem as características mecânicas correspondentes às do estudo, é conveniente o uso desse material.

5. REFERÊNCIAS

1. CATÓIA, T. Concreto Ultraleve® estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes.2012. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos,2012.
2. XAVIER, Beatriz Correa. Avaliação do concreto leve estrutural com EPS reciclado. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil – CEULP/ULBRA. Palmas/TO.
3. OLIVEIRA, Lívia. S. Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (ISOPOR) em compósitos cimentícios.2013. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João Del-Rei,2013.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. NBR 17054:2022. Rio de Janeiro, 2022.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. NBR NM 52:2009. Rio de Janeiro, 2009.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. NBR 16917:2021. Rio de Janeiro, 2021.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, para realizar os ensaios de resistência à compressão. NBR NM 5738:2015. Rio de Janeiro, 2015.
8. ABNT NBR 9779. Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
9. ABNT NBR 9778. Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro:ABNT,2009.
10. ABNT NBR 5739. Concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro:ABNT,2018.
11. XAVIER, Fábio dos Santos et al. Avaliação experimental do comportamento de blocos de EPS sob carregamento plano. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 1-18, ago. 2021.