

# Blocos leves de vedação em material álcali-ativado com EPS: avaliação física, mecânica e viabilidade técnica

**TIMÓTEO XIMENES CUNHA** - ENG. - <https://orcid.org/0009-0004-5416-0939> - (timoteoximenes@alu.ufc.br) ;  
**MARIA MONIQUE RIBEIRO FARIAS** - ENG<sup>a</sup>. - <https://orcid.org/0009-0006-5297-2487> ;  
**NAYRA ROCHA DE SOUSA** - MESTRANDA - <https://orcid.org/0009-0004-8209-2240> ;  
**ANTONIO LUCAS BRAGA MOREIRA** - MESTRANDO - <https://orcid.org/0009-0003-5883-2272> ;  
**ANTONIO EDUARDO BEZERRA CABRAL** - PROF. DR. - <https://orcid.org/0000-0001-6394-1164> ;  
**HELOINA NOGUEIRA DA COSTA** - PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. - <https://orcid.org/0000-0001-9960-2383> – UFC

## RESUMO

**A** NECESSIDADE DE REDUZIR O IMPACTO AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL IMPULSIONA O USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS AO CIMENTO PORTLAND, COMO OS ÁLCALI-ATIVADOS. ESTE ESTUDO AVALIOU A VIABILIDADE TÉCNICA DE BLOCOS DE VEDAÇÃO PRODUZIDOS COM LIGANTE ÁLCALI-ATIVADO E POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS). FORAM PRODUZIDOS CONCRETOS COM SUBSTITUIÇÃO DE 40%, 60% E 80% DA AREIA POR EPS. OS RESULTADOS INDICARAM ADEQUADA TRABALHABILIDADE DAS MISTURAS E FORMAÇÃO DE GÉIS CARACTERÍSTICOS DA ATIVAÇÃO ALCALINA. OS BLOCOS APRESENTARAM RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO ENTRE 2,17 MPa E 4,01 MPa, COMPATÍVEL COM APLICAÇÕES DE VEDAÇÃO NÃO ESTRUTURAL. PORTANTO, A PRODUÇÃO DE CONCRETOS LEVES A BASE DE MATERIAIS ÁLCALI-ATIVADOS E EPS É VIÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL E PARA A REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.

**PALAVRAS-CHAVE:** MATERIAL ÁLCALI-ATIVADO, EPS, CONSTRUÇÃO CIVIL, SUSTENTABILIDADE.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha papel relevante na economia, destacando o uso do cimento Portland (CP) devido à sua trabalhabilidade, resistência mecânica e viabilidade econômica (LOPES; PEÇANHA; CASTRO, 2020). Contudo, sua produção está associada a elevadas emissões de CO<sub>2</sub>, cerca de 580 kg

**TABELA 1**

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DA CINZA VOLANTE

Composição química		Características físicas	
Óxidos	%		
SiO <sub>2</sub>	41,49	D10%	1,61 µm
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,49	D50%	7,38 µm
CaO	9,54	Distribuição granulométrica	D90%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,95		30,50 µm
K <sub>2</sub> O	4,54		D <sub>médio</sub>
TiO <sub>2</sub>	3,26		13,16 µm
		Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,18
		Área de superfície específica (m <sup>2</sup> /g)	4790

FONTE: AUTOR (2026)

por tonelada produzida no Brasil, além de alto consumo de recursos naturais e energia (SNIC, 2024).

Nesse contexto, os materiais álcali-ativados (MAA) têm sido investigados como alternativas ao CP, devido à possibilidade de utilização de subprodutos industriais ricos em aluminossilicatos, como cinzas volantes, escórias e metacaulim. Esses materiais resultam da reação entre precursores aluminossilicatos e ativadores alcalinos, formando géis responsáveis pelas propriedades mecânicas. Dependendo da composição do sistema, os MAA podem apresentar menor impacto ambiental, elevada resistência química e térmica e menor retração (MARVILA; AZEVEDO; VIEIRA, 2021).

Outra estratégia voltada à sustentabilidade na construção civil consiste na

utilização de agregados leves, como o poliestireno expandido (EPS), visando à redução da densidade dos elementos construtivos. Estudos indicam que a incorporação de EPS pode reduzir o peso do concreto, mantendo propriedades mecânicas compatíveis com aplicações

**TABELA 2**

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO CIMENTO

Parâmetros	
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,8 ≤ γ ≤ 3,2
Solubilidade em água	até 1,5 g/l (temperatura a 20 °C)
pH	12 a 14

FONTE: FABRICANTE (2026)

**TABELA 3**

CARACTERÍSTICAS, COMPOSIÇÕES E RAZÕES MOLARES DOS ATIVADORES

Propriedades	NaOH (8 mol/L)	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
Sólidos totais (%)	25,24	46,21
Relação H <sub>2</sub> O/NaOH	2,96	—
Módulo de sílica (SiO <sub>2</sub> /Na <sub>2</sub> O)	—	2,21
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,035	1,583
Viscosidade (cp)	—	1,074

FONTE: AUTOR (2026)

**TABELA 4**COMPONENTES DO CONCRETO EM KG/M<sup>3</sup>

Material	C80EPS	C60EPS	C40EPS
Cinza volante	503,24 kg/m <sup>3</sup>	503,24 kg/m <sup>3</sup>	503,24 kg/m <sup>3</sup>
CP	55,91 kg/m <sup>3</sup>	55,91 kg/m <sup>3</sup>	55,91 kg/m <sup>3</sup>
EPS	7,13 kg/m <sup>3</sup>	5,34 kg/m <sup>3</sup>	3,5 kg/m <sup>3</sup>
Areia	219,61 kg/m <sup>3</sup>	440,03 kg/m <sup>3</sup>	659,64 kg/m <sup>3</sup>
NaOH	139,38 kg/m <sup>3</sup>	139,38 kg/m <sup>3</sup>	139,38 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	139,38 kg/m <sup>3</sup>	139,38 kg/m <sup>3</sup>	139,38 kg/m <sup>3</sup>

FONTE: AUTOR (2026)

não estruturais (SOUZA *et al.*, 2021). No entanto, ainda são limitados os estudos voltados à produção de blocos de vedação à base de MAA com incorporação de EPS.

Sob esse viés, este trabalho avalia a viabilidade técnica da produção de blocos leves de vedação à base de MAA, com substituição parcial da areia

por EPS (40%, 60% e 80%), considerando propriedades nos estados fresco e endurecido. A investigação busca ampliar o conhecimento sobre a aplicação conjunta de materiais álcali-ativados e agregados leves em sistemas de vedação, contribuindo para a avaliação da viabilidade técnica desses materiais em blocos leves.

**FIGURA 1**

ENSAIOS REALIZADOS NO ESTADO FRESCO: A) MINI SLUMP; B) DENSIDADE; C) ÍNDICE DE FLUIDEZ

FONTE: AUTOR (2026)

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 COMPONENTES DA PASTA

Os materiais utilizados foram: cinza volante, cimento Portland (CP), hidróxido de sódio (NaOH) e silicato de sódio (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). A cinza volante foi fornecida pela Usina Termelétrica Energia Pecém-CE.

Na Tabela 1, é apresentada a caracterização da cinza volante. A composição química foi determinada por Fluorescência de Raios X (FRX), sendo apresentados os principais óxidos. A distribuição granulométrica foi obtida por granulometria a laser, a massa específica foi determinada de acordo com os procedimentos da ABNT NBR 16605:2017, e a área de superfície específica foi obtida conforme a ABNT NBR 16372:2015, pelo método de Blaine.

O cimento foi adquirido em comércio local, sendo do tipo CP II-32, da marca Apodi. Foi utilizado em 10% como adição suplementar, visando acelerar a pega e dispensar a cura térmica. A caracterização do cimento é apresentada na Tabela 2.

A solução ativadora foi composta por silicato de sódio (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) e hidróxido de sódio (NaOH), fornecidos pela empresa Gota Química. O Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> foi utilizado na forma líquida, enquanto o NaOH, em escamas com pureza de 97,9%, sendo dissolvido em água para obtenção de uma solução de 8 mol/L. Devido ao caráter exotérmico da reação, a solução foi mantida em repouso por 24 horas. As composições dos ativadores estão na Tabela 3.

#### 2.1.2 AGREGADOS

Utilizou-se areia natural, caracterizada quanto à granulometria, apresentando diâmetro máximo característico (DMC) de 2,36 mm e módulo de finura de 3,70. A massa específica foi de 2,62 g/cm<sup>3</sup>, determinada segundo o método DNER-ME 194 (1998).

As pérolas de poliestireno expandido (EPS), adquiridas no comércio local,

foram caracterizadas quanto à granulometria por peneiramento em malha de 4,75 mm. O material apresentou diâmetros médios de 5,96 mm e 4,17 mm, além de massa específica de 0,11 g/cm<sup>3</sup>.

## 2.2 Método de pesquisa

Para a produção dos concretos, utilizou-se uma matriz aglomerante composta por 90% de cinza volante e 10% de CP. A relação entre os ativadores alcalinos foi de 1:1 (NaOH: Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>).

O teor de agregados foi variado por meio da substituição volumétrica da areia por EPS nos percentuais de 80%, 60% e 40%, originando as misturas denominadas C80EPS, C60EPS e C40EPS, conforme apresentado na Tabela 4.

### 2.2.1 PRODUÇÃO DA PASTA

Os componentes da pasta álcali-ativada foram misturados em argamassadeira planetária. O procedimento iniciou-se com um período de pré-homogeneização dos precursores e ativadores por 60 segundos, manualmente. Em seguida, a mistura foi submetida à rotação de 62 ± 5 rpm durante 1 minuto e 30 segundos. Por conseguinte, realizou-se uma pausa para raspagem das paredes do recipiente por 60 segundos. Por fim, a argamassadeira foi ligada novamente na mesma rotação por mais 1 minuto e 30 segundos, totalizando 5 minutos de mistura.

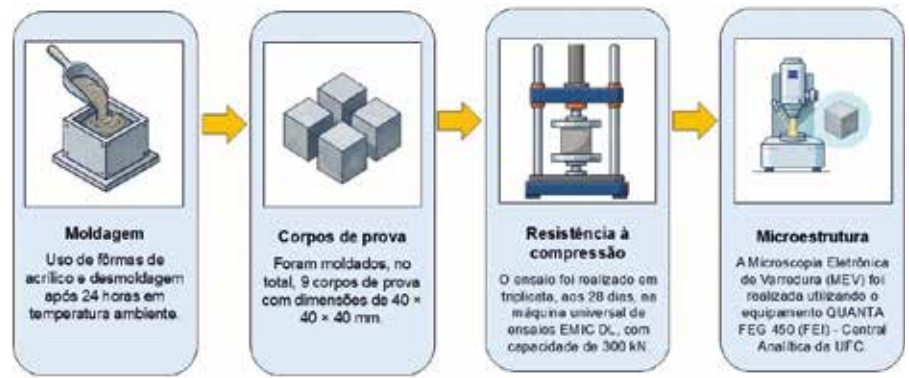
Com isso, foram avaliadas as propriedades de trabalhabilidade, massa específica e fluidez no estado fresco, conforme apresentado na Figura 1.

A determinação da massa específica aparente é dada conforme apresentado na Equação 1. Por sua vez, a tensão de escoamento foi determinada de acordo com a Equação 2.

$$[1] \quad \rho = \frac{m}{v}$$

$$[2] \quad \tau (Pa) = \frac{225\rho g \Omega^2}{185\pi^2 R^5}$$

Em que  $\rho$  = densidade aparente (g/cm<sup>3</sup> ou kg/m<sup>3</sup>),  $m$  = massa da pasta (g ou kg) e  $V$  = volume total da pasta, incluindo vazios (cm<sup>3</sup> ou m<sup>3</sup>),  $\Omega$  = volume



**FIGURA 2**  
ETAPAS EXPERIMENTAIS  
FONTE: AUTOR (2026)

do mini cone de abatimento em m<sup>3</sup> e  $R$  = raio de espalhamento do mini abatimento em metros.

Em seguida, foram moldados os corpos de prova e realizados os ensaios no estado endurecido, conforme ilustrado na Figura 2.

### 2.2.2 PRODUÇÃO DO CONCRETO

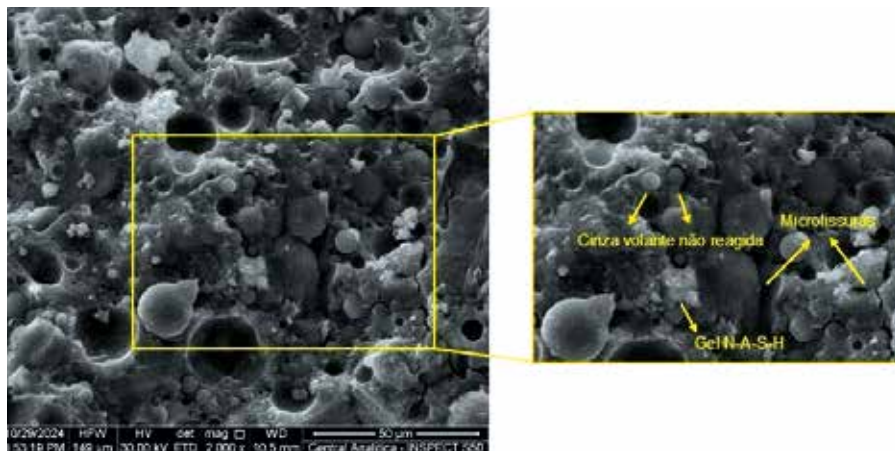
O processo experimental adotado

para a produção do concreto está ilustrado na Figura 3.

A realização da mistura se iniciou pela adição do EPS e de parte da solução ativadora. Em seguida, foram incorporados a cinza volante e o CP, seguidos da areia e do restante da solução ativadora. Após isso, realizou-se à moldagem dos blocos (30 x 15 x 8 cm), dos corpos de prova cilíndricos (10 x 20 cm) e dos



**FIGURA 3**  
ETAPAS EXPERIMENTAIS DO CONCRETO  
FONTE: AUTOR (2026)



**FIGURA 4**  
MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA DA PASTA COM CINZA VOLANTE  
FONTE: AUTOR (2026)

corpos de prova cúbicos ( $10 \times 10 \times 10$  cm), sendo produzidas em duplicata. A cura ocorreu em temperatura ambiente, com desmoldagem após 24 horas.

Os corpos de prova cilíndricos e os blocos foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão aos 28 dias, enquanto os corpos de prova cúbicos foram utilizados para a determinação da densidade aparente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Propriedades da pasta

A pasta apresentou espalhamento de 123,6 mm no ensaio de mini *slump*, indicando adequada fluidez. Esse

comportamento também foi corroborado pela baixa tensão de escoamento, estimada em 4,6 Pa, e pelo tempo de escoamento no viscosímetro tipo copo Ford, de 184 segundos, evidenciando uma mistura com boa coesão, característica típica dos MAA (PALACIOS *et al.*, 2009).

A massa específica aparente da pasta foi de  $1,6738 \text{ g/cm}^3$ , indicando adequado nível de compactidade e homogeneidade da mistura, fatores importantes para o desempenho mecânico do material no estado endurecido (MINDESS; YOUNG; DARWIN, 2003).

A resistência à compressão média da pasta aos 28 dias foi de 55,4 MPa, indicando desempenho mecânico satis-

fatório. Em estudo realizado por Costa, Cabral e Nogueira (2024), pastas alcali-ativadas compostas por 100% de cinza volante apresentaram resistência à compressão de 53,7 MPa no mesmo período, evidenciando concordância com os resultados obtidos.

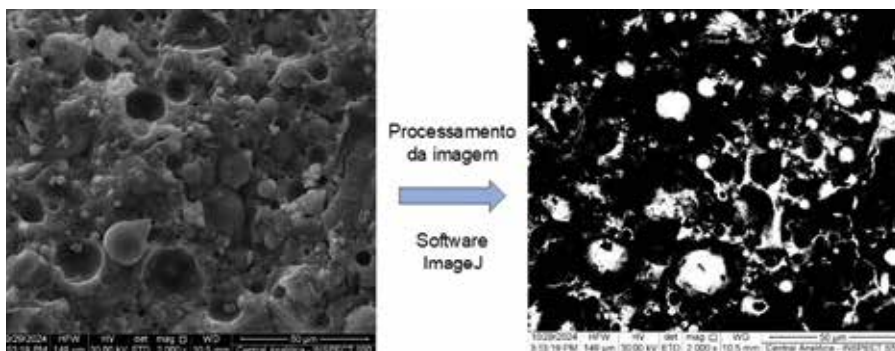
A microestrutura da pasta, apresentada na Figura 4, evidencia a presença de regiões densificadas associadas à formação de géis aglomerantes, bem como descontinuidades relacionadas à presença de partículas de cinza volante não reagidas e à incorporação de vazios, características típicas de MAA.

As partículas de cinza volante não reagidas, mesmo após o processo de ativação alcalina, preservam sua morfologia original, sendo constituídas predominantemente por fases cristalinas mais estáveis e de baixa reatividade, em contraste com as frações amorfas, que são as principais responsáveis pelas reações de ativação (CRIADO *et al.*, 2005).

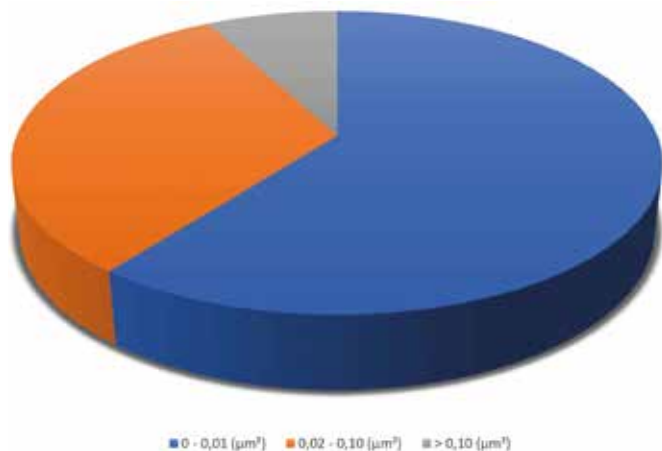
Observa-se a incorporação parcial das partículas de cinza volante à matriz, evidenciando a ocorrência das reações de ativação alcalina. Os resultados de FRX apresentado na Tabela 1 indicam que o sistema apresenta elevado teor de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e baixo teor de  $\text{CaO}$ . Nessas condições, é favorecida a formação de gel do tipo N-A-S-H, considerado o principal produto de reação em ligantes alcali-ativados de baixo teor de cálcio (PROVIS, 2014). Essa combinação de fases contribui para a densificação da microestrutura, refletindo positivamente no desempenho mecânico do material.

A análise da porosidade foi realizada a partir das imagens do MEV, apresentada na Figura 5, a qual foi processada por meio do software *ImageJ*, permitindo a distinção entre vazios (regiões claras) e matriz sólida (regiões escuras). A área analisada gerou os dados quantitativos de distribuição de poros, apresentados na Figura 6.

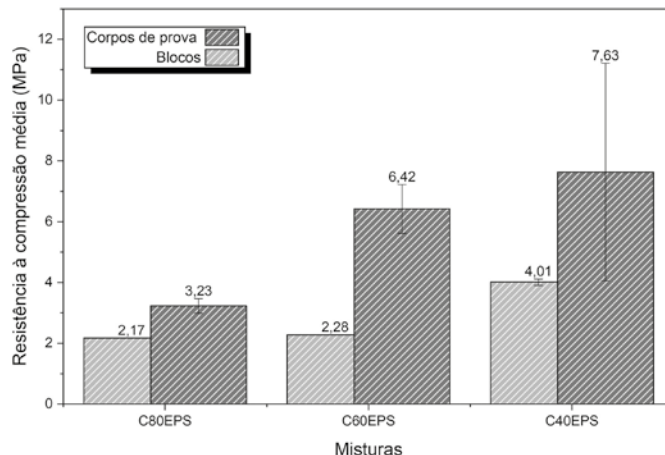
Observa-se predominância de poros com áreas compreendidas entre  $0,02$  e  $0,10 \mu\text{m}^2$ , enquanto apenas 7,76% dos poros apresentam áreas superiores a  $0,10 \mu\text{m}^2$ . Por outro lado, uma fração reduzida, correspondente a 1,60%, apresenta áreas em torno de  $0,01 \mu\text{m}^2$ .



**FIGURA 5**  
POROS PRESENTE EM UMA AMOSTRA DA PASTA  
FONTE: AUTOR (2026)



**FIGURA 6**  
PERCENTUAL DE POROS POR INTERVALO DE ÁREA  
FONTE: AUTOR (2026)



**FIGURA 7**  
RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO  
FONTE: AUTOR (2026)

A predominância de poros finos e a baixa fração de poros maiores indicam microestrutura densa e baixa conectividade de vazios, compatível com a resistência à compressão da pasta de 55,4 MPa.

### 3.2 Desempenho dos concretos e dos blocos

A Tabela 5 apresenta os resultados do abatimento de tronco no estado fresco e da massa específica aparente do concreto no estado endurecido.

Os valores de abatimento variaram entre 246 mm e 254 mm. De acordo com a NBR 8953:2015, os concretos produzidos enquadram-se na classe S220, por apresentarem abatimento superior a 220 mm, sendo classificados como fluidos e de elevada trabalhabilidade. Entretanto, não é indicado para aplicações estruturais, sendo mais adequado para produção de elementos construtivos como blocos de vedações

ou para enchimentos de contrapisos.

A massa específica aparente variou de 0,894 g/cm<sup>3</sup> a 1,454 g/cm<sup>3</sup>, evidenciando a influência direta do aumento do teor de EPS na redução da densidade do material. Esse comportamento está associado à baixa densidade e ao caráter hidrofóbico do EPS, que tendem a reduzir a coesão da mistura. Embora seja desejável para a produção de blocos de vedação por diminuir o peso próprio dos elementos, a redução da densidade pode comprometer o desempenho mecânico, exigindo um equilíbrio entre leveza e resistência (SOUZA *et al.*, 2021; ANDRADE *et al.*, 2022).

Os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos e blocos aos 28 dias são apresentados na Figura 7.

A resistência à compressão diminuiu com o aumento do teor de EPS, variando de 3,23 MPa (C80EPS) a 7,63 MPa (C40EPS), com redução de aproximadamente 58%. Esses resultados

corroboram estudos prévios que apontam o efeito da incorporação de EPS na redução da densidade e da resistência mecânica, limitando sua aplicação em elementos estruturais (SOUZA *et al.*, 2021).

Nos blocos, a resistência máxima foi de 4,01 MPa (C40EPS), valor compatível com aplicações não estruturais, como elementos de vedação. A redução da resistência está associada à menor massa específica, que promove maior leveza, porém com impacto no desempenho mecânico (AHMMED *et al.*, 2023).

O desempenho dos blocos é influenciado pela microestrutura do concreto, em especial pela interação entre a matriz, os agregados e as zonas de transição interfacial (ZTI). Embora a pasta apresente uma matriz densa, a presença de EPS e as características da ZTI exercem papel determinante na resistência do material. As ZTI são regiões críticas da microestrutura, influenciando diretamente a propagação de fissuras e a capacidade resistente do compósito (ROSSIGNOLO, 2007).

A superfície lisa das pérolas de EPS reduz a aderência à matriz, enquanto sua distribuição granulométrica relativamente uniforme favorece a formação de vazios, resultando em maior porosidade do concreto. Esses fatores contribuem para a redução da resistência mecânica dos blocos de vedação.

**TABELA 5**  
ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE E MASSA ESPECÍFICA

	C80EPS	C60EPS	C40EPS
Abatimento (mm)	246 mm	247 mm	254 mm
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	0,968	0,894	1,454

FONTE: AUTOR (2026)

Nas Figuras 8a e 8b, podem-se observar as faces de acabamento do bloco e na Figura 8c, o estado do material após o ensaio de resistência à compressão.

Observa-se ainda que os blocos apresentaram fissuração sem ruptura completa, indicando comportamento de falha progressiva, com dissipação gradual de energia. Esse comportamento está associado à presença do EPS na matriz, que contribui para a redução da rigidez e favorece a redistribuição de tensões, retardando a ruptura abrupta.

A propagação de fissuras ao redor dos vazios evidencia a influência da interface matriz-agregado leve no mecanismo de ruptura, típica de concretos leves. Embora o aumento do teor de EPS reduza a resistência mecânica, os blocos mantêm desempenho adequado para vedação não estrutural, combinando menor densidade e ruptura gradual.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou a viabilidade técnica da produção de blocos leves com a combinação de MAA e EPS. A



**FIGURA 8**

CORPOS DE PROVA DE CONCRETO LEVE ÁLCALI-ATIVADO: A) FACE LISA; B) FACE IRREGULAR; C) APÓS A RUPTURA

FONTE: AUTOR (2026)

avaliação da pasta apresentou adequada trabalhabilidade, com espalhamento de 123,6 mm, e elevada resistência à compressão, atingindo 55,4 MPa aos 28 dias. O MEV evidenciou a formação de géis cimentantes por meio da ativação da cinza volante.

Nos concretos, a substituição parcial da areia por EPS promoveu a redução da

massa específica, favorecendo a produção de elementos leves. As resistências à compressão, variando de 2,17 a 4,01 MPa, atenderam às exigências normativas para elementos de vedação, demonstrando que o uso combinado desses materiais constitui uma alternativa técnica e ambiental promissora para a fabricação de componentes leves. ©

#### ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AHMMED, Moudud; ABEDIN, Zainul; PAUL, Subrata; BHUIYAN, Golam Kibria; RAHAMAN, Hafijur; HOSSAIN, Mohammad Afzal; ISLAM, Monirul; KHAN, Arafat Ullah. Development of lightweight building blocks using expanded polystyrene. *Gsc Advanced Research And Reviews*, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 047-059, 30 nov. 2023. GSC Online Press. <http://dx.doi.org/10.30574/gscarr.2023.17.2.0402>.
- [2] ANDRADE, Matheus Alves; DIAS, Paulo Roberto; XAVIER, Yuri Schneider; SARMENTO JUNIOR, Rogério Gonçalves. A utilização de Poliestireno Expandido (EPS) como agregado no concreto. *M-SR: Multi-Science Research*, Vitória, Multivix, v. 5, n. 1, p. 53-66, jan./jun. 2022. ISSN 2595-7252.
- [3] CRIADO, M.; PALOMO, A.; FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A. Alkali activation of fly ashes. Part 1: Effect of curing conditions on the carbonation of the reaction products. *Fuel*, v. 84, n. 16, p. 2048-2054, 2005.
- [4] COSTA, Heloína Nogueira da; CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra; NOGUEIRA, Ricardo
- [5] Emílio Ferreira Quevedo. Alkali-activated pastes by Basic Oxygen Furnace slag and fly ash: Mechanical and microstructural analysis. *Case Studies in Construction Materials*, v. 22, e04128, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e04128>.
- [6] LOPES, H. M. T.; PEÇANHA, A. C. C.; CASTRO, A. L. DE. Considerações sobre a eficiência de misturas de concreto de cimento Portland com base no conceito de empacotamento de partículas. *Revista Matéria*, v.25, n.1, 2020.
- [7] MARVILA, Markssuel Teixeira; AZEVEDO, Afonso Rangel Garcez de; VIEIRA, Carlos Maurício Fontes. Reaction mechanisms of alkali-activated materials. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, v. 14, n. 3, e14309, 2021.
- [8] MINDESS, Sidney; YOUNG, J. Francis; DARWIN, David. *Concrete*. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003.
- [9] PALACIOS, M. et al. Adsorption of superplasticizer admixtures on alkali-activated slag pastes. *Cement and Concrete Research*, v. 39, n. 8, p. 708-718, 2009.
- [10] PROVIS, J. L. Geopolymers and other alkali activated materials: why, how, and what?. *Materials and Structures*, [S.L.], v. 47, n. 1-2, p. 11-25, 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-013-0211-5>.
- [11] ROSSIGNOLO, J.A.. Avaliação da zona de transição interfacial pasta-agregado leve em concretos com sílica ativa e látex SBR. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 12, n. 3, pp. 532 - 540, 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-70762007000300015>.
- [12] SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). Relatório Anual 2024. Rio de Janeiro: SNIC, 2025. Disponível em: <http://snic.org.br>. Acesso em: maio 2026.
- [13] SOUZA, T. B.; LIMA, V. M. E.; ARAÚJO, F. W. C.; MIRANDA, L. F. R.; MELO NETO, A. A. Alkali-activated slag cellular concrete with expanded polystyrene (EPS). *Journal of Sustainable Building Materials*, v. 45, n. 2, p. 123-134, 2021.