cbecimat26
26º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Avaliação comparativa da incorporação de resíduos de construção civil em tecnologias cimentícias e geopoliméricas: desempenho e viabilidade econômica

Gabriela Campos de Oliveira[1]; Jeniffer Eduarda Fernandes Souza[1]; Vinicius Coelho Sampaio[1]; Ana Paula de Carvalho Teixeira[1]; Rochel Monteiro Lago[1]; Emanuelle de Paula Ferreira[1]; Maria Eduarda Amaral Leite[2]; Mariana de Araújo Mário[1]; Gustavo Costa Bernardo[1]; Ana Carolina Utsch Corrêa[3]; Carolina Maria de Lima Alves[1]; Felipe Keven de Carvalho Neves[4]

1. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); 2. Universidade Federal de Ciência e Inovação de Minas Gerais (UFCI/MG); 3. Secretaria de Estado de Infraestrutura, Mobilidade e Parcerias de Minas Gerais (SEINFRA-MG); 4. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Contato: gabrielacdeoliveira99@gmail.com

Introdução

Edifícios e construção respondem por 34% das emissões globais de CO_2 (UNEP, 2025) e o cimento, por até 8% (ANDREW, 2018). A geração de resíduos da construção civil (RCC) no Brasil é estimada entre 44 e 100 milhões de toneladas por ano (PAULINO et al., 2023), muitas vezes com descarte inadequado. Reduzir o teor de clínquer (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018) e substituir agregados naturais por RCC (JOSEPH et al., 2023) são estratégias alinhadas à economia circular, aplicáveis a sistemas cimentícios (cimento Portland) e a geopolímeros, tecnologia emergente.

Objetivos

Investigar, em escala laboratorial, a influência da substituição parcial da areia por RCC (20%, 30% e 40% no cimentício; 10% a 40% no geopolímero) nas propriedades mecânicas de materiais cimentícios e geopoliméricos, com foco na resistência à compressão exigida pela ABNT NBR 9781 (35 MPa, tráfego de veículos leves), e avaliar a viabilidade econômica.

Metodologia



Figura 1. Etapas da metodologia. Cimentício: CPV (ABNT NBR 16697:2018), pó de pedra e pedrisco (ABCP, 2011); geopolímero: metacaulim, NaOH e silicato de sódio.



Figura 2. Produtos do projeto: piso intertravado, de revestimento, cobogó e cubas, piso tátil.

Resultados e Discussão

Geopolímero. Aos 7 dias, a resistência cresceu com o teor de RCC, de 30,8 MPa (0%) para 51,7 ± 8,6 MPa (40%), ganho de cerca de 68%. Todos os teores com RCC superaram os 35 MPa da ABNT NBR 9781 (Tabela 1), o que sugere contribuição do RCC como agregado e fíler.

Cimentício CPV. O efeito dependeu do teor e da idade. Aos 7 dias, 30% ficou ligeiramente acima do traço sem RCC (38,9 contra 36,9 MPa). Aos 28 dias, 40% atingiu 56,2 ± 2,8 MPa, 25% acima dos 44,9 MPa sem RCC, enquanto 20% e 30% ficaram abaixo dele (41,7 e 34,3 MPa), este último pouco abaixo dos 35 MPa.

Custo. No geopolímero, o custo caiu de R$ 3,22/kg (0%) para R$ 1,97/kg (40%), redução de 39% associada ao menor consumo de metacaulim e de ativador. No cimentício, variou de R$ 0,63 a 0,70/kg, com o menor valor a 40% (−6%), cerca de um terço do custo do geopolímero.

Tabela 1. Resistência (MPa; média ± desvio-padrão, n = 3) e custo (insumos + R$ 0,11/kg operacional; RCC a R$ 0). —: não ensaiado.

RCC	Geopol. 7 d	CPV 7 d	CPV 28 d	Custo geopol. (R$/kg)	Custo cimentício (R$/kg)
0%	30,8 ± 1,8	36,9 ± 3,8	44,9 ± 6,0	3,22	0,67
10%	38,8 ± 5,7	—	—	2,91	—
20%	41,7 ± 2,5	29,7 ± 3,4	41,7 ± 11,0	2,60	0,70
30%	49,0 ± 5,2	38,9 ± 6,2	34,3 ± 11,7	2,29	0,65
40%	51,7 ± 8,6	32,6 ± 7,7	56,2 ± 2,8	1,97	0,63

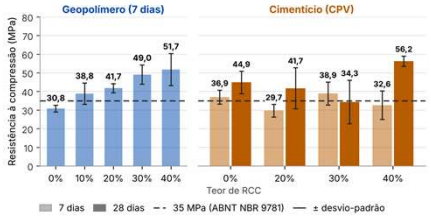


Figura 3. Resistência à compressão (3 corpos de prova por condição). Barras: desvio-padrão.

Conclusões

O RCC como substituto parcial da areia mostrou potencial técnico em matrizes cimentícias e geopoliméricas. Nos geopolímeros, elevou a resistência aos 7 dias de 30,8 para 51,7 MPa e reduziu o custo em 39%. No cimentício (CPV), o efeito foi variável, com melhor resultado a 40% aos 28 dias (56,2 MPa, acima dos 35 MPa da ABNT NBR 9781). O uso do RCC também valoriza resíduos de obras públicas e reduz o descarte e o consumo de areia natural.

Referências

ANDREW, R. M. Global CO_2 emissions from cement production, 1928–2017. **Earth System Science Data**, v. 10, n. 4, p. 2213-2239, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimento intertravado**: especificações técnicas para licitações. São Paulo: ABCP, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação: especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: cimento Portland: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

JOSEPH, H. S. et al. A comprehensive review on recycling of construction demolition waste in concrete. **Sustainability**, v. 15, n. 6, art. 4932, 2023.

PAULINO, R. S. et al. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. **Ambiente Construído**, v. 23, n. 3, p. 83-97, 2023.

SCRIVENER, K. L.; JOHN, V. M.; GARTNER, E. M. Eco-efficient cements: potential economically viable solutions for a low-CO_2 cement-based materials industry. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 2-26, 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global status report for buildings and construction 2024/2025**: not just another brick in the wall. Nairobi: UNEP, 2025.

Agradecimentos

FAPEMIG
INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE
Departamento de Química UFMG
escalab
UFMG
GEO CYCLE