XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9022

Resistência à Compressão de Alvenarias de Solo-Cimento Assentadas com Composto Polimérico sob Efeito Térmico

Compressive Strength of Soil-Cement Masonry Laid with Polymeric Mortar Subjected to Thermal Effects

Taise Dela Bruna Longo
UNESC-Universidade do Extremo Sul Catarinense | Criciúma | Brasil | taise_longo@unesc.net
Javier Francisco Mueses Rojas
UFSCar-Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | javiermueses@estudante.ufscar.br
Bruna Juvêncio Frasson
UNESC-Universidade do Extremo Sul Catarinense | Criciúma | Brasil | brunafrasson@unesc.net
Elaine Guglielmi Pavei Antunes
UFSCar-Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | elaine@ccb.org.br
Guilherme Aris Parsekian
UFSCar-Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | parsekian@ufscar.br

Resumo

A construção civil possui grande relevância econômica, mas também contribui significativamente para as emissões de CO_2. Nesse contexto, os tijolos de solo-cimento destacam-se como alternativa sustentável por dispensarem o processo de queima e possibilitarem o uso do solo local. Associado a isso, o emprego de composto polimérico no assentamento pode proporcionar ganhos de aderência, estanqueidade e eficiência construtiva. Este estudo teve como objetivo analisar a resistência à compressão residual de prismas de tijolos de solo-cimento assentados com composto polimérico após exposição a temperaturas de 100°C, 250°C e 450°C. Foram confeccionados prismas com quatro tijolos, submetidos a sete dias de cura e posteriormente expostos ao aquecimento por 30 minutos. Após sete dias da exposição térmica, realizou-se o ensaio de compressão. Os resultados mostraram que os prismas expostos a 250°C apresentaram maior resistência média em comparação aos expostos a 100°C e 450°C, indicando que temperaturas moderadas podem favorecer o desempenho mecânico do material, enquanto temperaturas mais elevadas promovem degradação e redução da resistência. Conclui-se que o sistema apresentou desempenho satisfatório até 250°C, com perda de desempenho em temperaturas superiores.

Palavras-chave: tijolo solo-cimento, argamassa polimérica, temperatura, desempenho mecânico, construção sustentável.

Abstract

The construction industry plays an important economic role but also contributes significantly to CO_2 emissions. In this context, soil-cement bricks have emerged as a sustainable alternative because they eliminate the firing process and allow the use of local soil. In addition, polymer-based mortar can improve adhesion, watertightness, and construction efficiency. This study aimed to evaluate the residual compressive strength of soil-cement brick prisms laid with

Como citar:
LONGO, D.T.B. et al. Resistência à Compressão de Alvenarias de Solo-Cimento Assentadas com Composto Polimérico sob Efeito Térmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

polymer mortar after exposure to temperatures of 100°C, 250°C, and 450°C. Prisms composed of four bricks were produced, cured for seven days, and then heated for 30 minutes. Compressive strength tests were performed seven days after thermal exposure. The results showed that prisms exposed to 250°C achieved higher average strength than those exposed to 100°C and 450°C, indicating that moderate temperatures may enhance the mechanical performance of the material, whereas higher temperatures promote degradation and strength loss. It was concluded that the system showed satisfactory performance up to 250°C, with reduced performance at higher temperatures.

Keywords: soil-cement brick, polymeric mortar, temperature, mechanical performance, sustainable construction.

INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais relevantes da economia brasileira, representando entre 5 e 15% do PIB e gerando cerca de 10 milhões de empregos [10]. Apesar de sua importância, o setor apresenta elevado impacto ambiental. Segundo Huang et al. [11], a construção civil foi responsável por aproximadamente 5,7 bilhões de toneladas de CO_2 em 2009, correspondendo a 23% das emissões globais associadas às atividades econômicas, sendo a maior parcela proveniente da produção de materiais de construção.

Nesse contexto, os tijolos de solo-cimento destacam-se como alternativa sustentável por dispensarem a queima, demandarem baixo consumo energético e permitirem o uso de solo local, reduzindo o transporte de materiais [9]. Sua utilização pode reduzir em cerca de 30% as emissões de CO_2 em comparação aos tijolos cerâmicos convencionais. Além disso, a proporção de cimento varia entre 1:10 e 1:14, devendo assegurar resistência mínima de 1,7 MPa, conforme a ABNT NBR 8491:2013 [1].

A utilização desses tijolos em alvenarias de vedação contribui para a racionalização construtiva, reduzindo desperdícios, consumo de argamassa e custos de mão de obra, além de facilitar a passagem de instalações elétricas e hidráulicas por meio de seus vazados [12].

O desempenho da alvenaria depende não apenas dos blocos, mas também dos materiais de assentamento. Nesse sentido, compostos poliméricos apresentam vantagens como aumento da resistência à compressão, melhoria da aderência e redução da permeabilidade à água, favorecendo a durabilidade do sistema [13]. Adicionalmente, esses materiais contribuem para a redução de custos de armazenamento, mão de obra, desperdícios e tempo de execução [15].

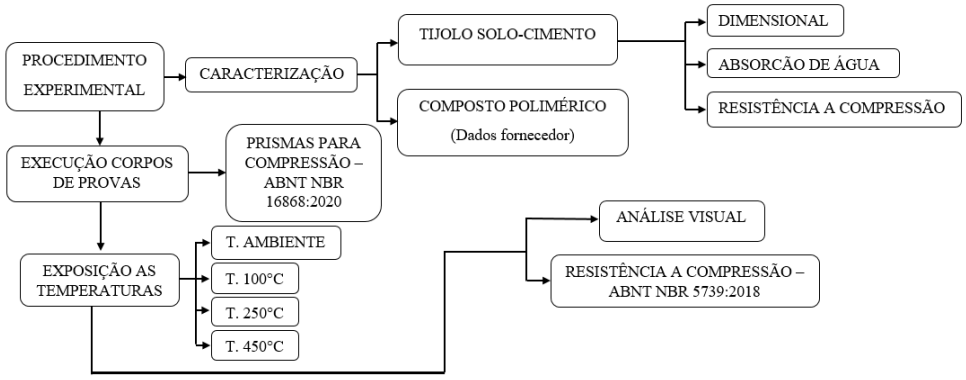
Além dos aspectos ambientais e econômicos, a segurança contra incêndio é um requisito fundamental. A ABNT NBR 15575:2013 [3] estabelece critérios de desempenho relacionados à resistência ao fogo, estanqueidade e integridade estrutural. Embora as alvenarias apresentem bom comportamento frente ao fogo devido à ausência de emissão de gases tóxicos e à sua capacidade de isolamento térmico, seu desempenho depende das características dos blocos, juntas e revestimentos [16]. Em situações de incêndio, é essencial garantir o atendimento ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), conforme a ABNT NBR 14432:2000 [4].

Diante da escassez de estudos sobre sistemas executados com tijolos de solo-cimento assentados com composto polimérico submetidos a temperaturas elevadas, esta pesquisa tem como objetivo analisar a resistência à compressão residual de prismas após exposição a 100 °C, 250 °C e 450 °C.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, o procedimento experimental foi dividido em etapas sequenciais assim: caracterização dos materiais, confecção dos prismas, exposição às altas temperaturas, análise visual, ensaio de compressão e análise dos resultados. A Figura 1 apresenta o fluxograma do procedimento experimental.

Figura 1: Fluxogramas de procedimento experimental.



Fonte: o autor.

Os tijolos de solo-cimento foram fornecidos pela Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico (ANITECO) e o composto polimérico pelo fabricante. A caracterização dos tijolos foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), enquanto as propriedades do composto polimérico foram obtidas a partir das especificações do fabricante.

Para a caracterização dos tijolos, foram selecionadas dez unidades. As dimensões foram determinadas conforme a ABNT NBR 8492:2013 [5]. Três tijolos foram destinados ao ensaio de absorção de água, sendo inicialmente secos em estufa a 105°C por 24 horas, resfriados à temperatura ambiente e pesados para obtenção da massa seca. Em seguida, permaneceram submersos em água por 24 horas e foram novamente pesados para determinação da massa saturada. Os sete tijolos restantes foram cortados ao meio perpendicularmente à maior dimensão, unidos com pasta de cimento Portland, capeados conforme a ABNT NBR 8492:2013 [5] e submetidos ao ensaio de compressão na prensa EMIC PC200, com carregamento de 50 kN/s até a ruptura.

A Figura 2 apresenta os tijolos utilizados na pesquisa.

Figura 2: Tijolos solo-cimento. (à esquerda, modelo tijolo solo-cimento em vista superior); (à direita, tijolos solo-cimentos na vista lateral sobrepostos).



Fonte: o autor.

O composto polimérico empregado atende aos requisitos da ABNT NBR 16590:2017 [2] para alvenaria de vedação e, segundo o fabricante, também atende à ABNT NBR 15575:2013 [3]. O material apresenta tempo máximo de pega de 10 minutos, resistência às condições ambientais após 8 horas e cura completa em aproximadamente 72 horas.

Os prismas foram confeccionados conforme a ABNT NBR 16868:2020 [6], utilizando quatro tijolos de solo-cimento assentados com composto polimérico. O material foi aplicado em cordões contínuos com aproximadamente 1 cm de espessura e afastamento de 1 cm das bordas dos tijolos, conforme recomendação do fabricante. Os tijolos foram assentados sobre superfície plana e nivelada, com controle do alinhamento e da uniformidade das juntas. Após a montagem, os prismas permaneceram em cura por sete dias em condições ambientais de laboratório. Foram confeccionados três prismas para cada temperatura de ensaio (100°C, 250°C e 450°C).

A Figura 3 ilustra o processo de execução dos prismas.

Figura 3: Etapas da execução dos prismas: (à esquerda, aplicação do composto polimérico); (ao centro, cordão contínuo do composto); (à direita, prismas executados).



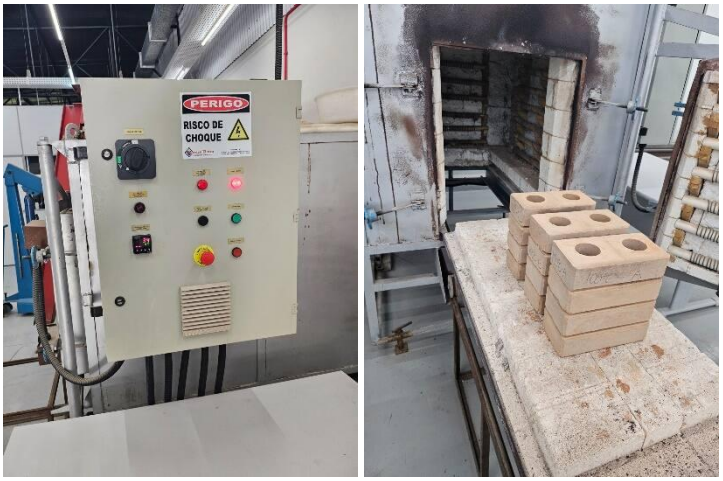
Fonte: o autor.

A exposição térmica foi realizada em forno mufla com dimensões internas de 50 × 68 × 106 cm (largura × altura × profundidade), equipado com sensores para controle da uniformidade térmica. Em cada ensaio, três prismas com dimensões de 12,5 × 26 × 25

cm (largura × altura × comprimento) foram posicionados simultaneamente no interior do equipamento. Embora o equipamento possua capacidade operacional de até 1000°C, foram adotadas as temperaturas de 100°C, 250°C e 450°C com o objetivo de avaliar progressivamente os efeitos térmicos sobre os prismas de solo-cimento assentados com composto polimérico. A temperatura de 100°C representa a faixa de evaporação da água livre presente nos materiais, enquanto 250°C corresponde a uma condição intermediária em que podem ocorrer alterações microestruturais sem degradação severa da matriz cimentícia. Já a temperatura de 450°C foi selecionada por situar-se na faixa em que se iniciam processos significativos de degradação dos produtos de hidratação do cimento e dos compostos poliméricos. Dessa forma, buscou-se investigar o comportamento residual do sistema em diferentes níveis de exposição térmica, sem atingir temperaturas que pudessem provocar sua completa descaracterização.

A Figura 4 apresenta o forno e a disposição das amostras.

Figura 4: À esquerda, forno mufla utilizado para a exposição térmica dos prismas; à direita, configuração e disposição dos prismas no interior da mufla durante o procedimento experimental.



Fonte: o autor.

O aquecimento seguiu os parâmetros da ABNT NBR 5628:2001 [7], com taxa de aquecimento de 3°C/min até a temperatura de ensaio. Após atingir a temperatura estabelecida, os prismas permaneceram expostos por 30 minutos. O resfriamento ocorreu de forma gradual no interior do forno até o retorno à temperatura ambiente (≈25°C).

Os detalhes do ciclo térmico são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de Aquecimento da Mufla

Patamar da temperatura de estudo	100°C	250°C	450°C
tempo de aquecimento da Mufla (minutos)	34	84	150
Tempo da temperatura no patamar (minutos)	30	30	30
Tempo total de aquecimento (minutos)	64	114	180

Fonte: o autor.

Após o resfriamento, realizou-se inspeção visual para identificação de alterações superficiais, incluindo mudanças de coloração, degradação do composto polimérico, fissuras, trincas e demais manifestações decorrentes da exposição térmica. Essa avaliação forneceu subsídios para interpretação dos resultados mecânicos.

Posteriormente, os prismas permaneceram em repouso por sete dias e receberam capeamento nas faces superior e inferior com pasta de cimento, conforme a ABNT NBR 16868:2020 [6], visando garantir a distribuição uniforme das tensões durante o ensaio de compressão.

A Figura 5 apresenta essa etapa.

Figura 5: Prismas capeados.



Fonte: o autor.

Os ensaios de compressão foram realizados na prensa hidráulica EMIC PC200I. Durante o ensaio, registrou-se a carga máxima suportada por cada prisma e o modo de ruptura, conforme os critérios da ABNT NBR 16868:2020 [6]. A Figura 6 apresenta os prismas posicionados para o ensaio.

Figura 6: Prismas posicionados na prensa hidráulica EMIC para o ensaio de resistência à compressão, submetidos às temperaturas de: (à esquerda, 100°C); (ao centro, 250°C); (à direita, 450°C).



Fonte: o autor.

Os resultados da resistência à compressão foram submetidos à análise de variância (ANOVA), adotando-se nível de confiança de 95%, com o objetivo de verificar diferenças estatisticamente significativas entre as condições térmicas avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As dimensões dos tijolos solo-cimento atenderam aos requisitos da ABNT NBR 8492:2013 [5], enquanto a absorção de água permaneceu abaixo do limite máximo de 20% estabelecido pela ABNT NBR 8491:2013 [1]. A resistência à compressão dos tijolos também superou o valor mínimo normativo de 2,0 MPa. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da caracterização dos tijolos solo-cimento

Ensaios	Média	Desvio Padrão
Absorção de água (%)	14.89	0.012
Resistencia a compressão (Mpa)	3.77	0.55

Fonte: o autor.

A análise visual dos prismas após exposição a 100°C, 250°C e 450°C evidenciou alterações superficiais dependentes da temperatura (Figura 7).

Figura 7: *Comparativo visual da coloração dos prismas submetidos a diferentes temperaturas: (*à esquerda, *comparação entre prismas expostos a 100°C e 450°C); (*à direita, *comparação entre prismas expostos a 250°C e 450°C).*



Fonte: o autor.

Os prismas submetidos a 100°C e 250°C mantiveram coloração clara e uniforme, indicando estabilidade superficial. Em contrapartida, os prismas expostos a 450°C apresentaram escurecimento, sugerindo degradação térmica dos materiais.

Nos prismas submetidos a 450°C observou-se desprendimento de partículas dos tijolos (Figura 8), evidenciando maior deterioração físico-mecânica. Apenas uma fissura foi identificada, localizada em um tijolo de um prisma exposto a 250°C (Figura 9).

Figura 8: ***Desprendimento de material particulado pelos tijolos expostos a 450°C: (*****à esquerda,** ***detalhe do desprendimento em superfície e acúmulo de material no entorno do prisma); (*****à direita,** ***desprendimento de material na superfície).***



Fonte: o autor.

Quanto à aderência entre os elementos, os prismas expostos a 100°C e 250°C mantiveram comportamento satisfatório. Já nos prismas submetidos a 450°C ocorreu descolamento do composto polimérico (Figura 9), indicando perda de aderência devido aos efeitos térmicos. Ainda assim, os tijolos foram reposicionados para a realização dos ensaios de compressão, visando avaliar a resistência residual do conjunto.

Figura 9: ***Aspecto do composto polimérico e tijolos após exposição as temperaturas: (*****à esquerda,** ***fissura no tijolo exposto a temperatura de 250ºC); (*****ao centro, d*****escolamento do composto polimérico); (*****à direita,** ***composto polimérico apresentando escurecimento e sinais de degradação térmica).***



Fonte: o autor.

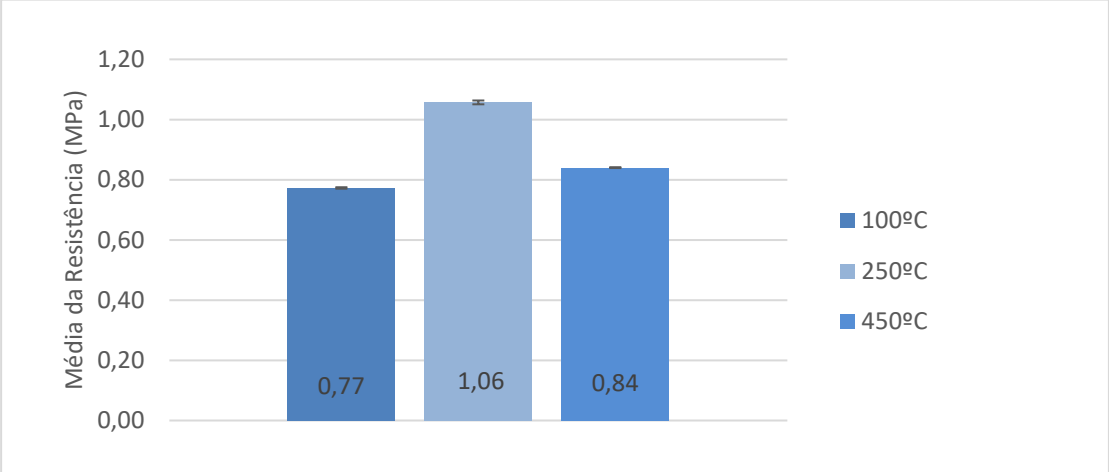
Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos prismas, com área de seção de 312,50 cm², são apresentados na Tabela 3. Os prismas expostos a 250°C apresentaram a maior resistência média (1,06 MPa), seguidos pelos expostos a 450°C (0,84 MPa) e 100°C (0,77 MPa).

Tabela 3: Resistência a Compressão dos Prismas

Prismas (100º)	Carga máxima de ruptura (N)	MPa	Prismas (250ºC)	Carga máxima de ruptura (N)	MPa	Prismas (450ºC)	Carga máxima de ruptura (N)	MPa
A	25861,10	0,83	A	30347,20	0,97	A	25861,10	0,83
B	23618,10	0,76	B	33513,90	1,07	B	25333,30	0,81
C	22958,30	0,73	C	35229,20	1,13	C	27576,40	0,88
Média		0,77	Média		1,06	Média		0,84
Desvio Padrão		0,05	Desvio Padrão		0,08	Desvio Padrão		0,04

A análise estatística realizada por meio da análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, revelou diferenças estatisticamente significativas entre as temperaturas avaliadas ($p = 0,002581$), uma vez que o valor de p obtido foi inferior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$). As comparações pareadas pelo teste de Tukey indicaram diferenças significativas entre os grupos de 100 °C e 250 °C ($p = 0,0026$), bem como entre 250 °C e 450 °C ($p = 0,0098$). Por outro lado, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos de 100 °C e 450 °C ($p = 0,4066$).

Figura 10: Média da resistência dos Prismas em cada temperatura de estudo.



Fonte: o autor.

Segundo Veiga [8], temperaturas próximas de 200°C podem promover a densificação da estrutura interna do cimento por meio da ativação de reações químicas, fenômeno conhecido como cura térmica. Além disso, fatores como evaporação da água, tempo de exposição e condições de cura podem influenciar o comportamento mecânico do solo-cimento.

Por outro lado, a redução da resistência observada a 450°C pode ser atribuída à degradação da matriz cimentícia. Silva, Souza e Ferreira [14] relatam que temperaturas superiores a 400°C promovem a decomposição do hidróxido de cálcio e a desidratação do gel C-S-H, aumentando a porosidade, favorecendo a formação de microfissuras e reduzindo a integridade estrutural do material.

O composto polimérico também influenciou o desempenho dos prismas. O material manteve sua integridade até 250°C, porém apresentou carbonização a 450°C. De

acordo com Nicolini (2022), a resistência de aderência desses compostos diminui progressivamente com o aumento da temperatura, sendo significativamente comprometida acima de 300°C. Esse comportamento corrobora a redução da resistência observada nos prismas submetidos à temperatura mais elevada.

CONCLUSÕES

Os tijolos solo-cimento atenderam aos requisitos dimensionais da ABNT NBR 8492:2013 [5] e aos limites de absorção de água e resistência à compressão estabelecidos pela ABNT NBR 8491:2013 [1], demonstrando adequação para aplicação na construção civil.

Os resultados indicaram que os prismas mantiveram estabilidade superficial e aderência satisfatória até 250°C. Em contrapartida, a exposição a 450°C provocou degradação dos materiais, evidenciada pelo escurecimento superficial dos tijolos, desprendimento de partículas e carbonização do composto polimérico.

Quanto ao desempenho mecânico, observou-se aumento da resistência à compressão após exposição a 250°C, associado ao efeito da cura térmica. Já a exposição a 450°C resultou em redução da resistência, atribuída à degradação da matriz cimentícia e à perda de aderência do composto polimérico.

Conclui-se que o sistema construtivo composto por tijolos solo-cimento assentados com composto polimérico apresenta desempenho satisfatório em temperaturas de até 250°C. Entretanto, temperaturas superiores comprometem suas propriedades mecânicas e de aderência, limitando sua aplicação em condições de exposição térmica mais severas.

AGRADECIMENTOS

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolos de Solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro: 2013.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16590: Compostos poliméricos para reparo e reforço estrutural – Especificação. Rio de Janeiro, 2017.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos de construção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8492: Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16868: Alvenaria estrutural — Partes 1, 2 e 3. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5628: Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

[8] VEIGA, B. P. Influência dos agregados graúdos na resistência à compressão do concreto quando submetido a temperaturas elevadas. 2022. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30262. Acesso em: 05 mai. 2025.

[9] GRANDE, Fernando Mazzeo. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

[10] CBIC. Informativo econômico Construção Civil: desempenho e perspectivas. Brasília, 2011.Disponívelem:<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/05_Balanco_2011.pdf>. Acessado em: 21 de maio de 2025.

[11] HUANG, L. et al. Carbon emission of global construction sector. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 81, n. 2, p. 1053–1061, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.001. Acesso em: 7 abr. 2025.

[12] SOUZA, MIB. Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento. Ilha Solteira: UNESP, 2006. 121p. Dissertação Mestrado.

[13] SILVA, J. R.; SOUZA, M. L.; PEREIRA, F. S. Análise da resistência à compressão de alvenarias de blocos cerâmicos assentados com argamassa cimentícia e composto polimérico. Revista Materiais e Construção, [S.l.], v. 29, n. 4, e239, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2019-0239. Acesso em: 22 maio 2025.

[14] SILVA, A. A.; SOUZA, L. M.; FERREIRA, L. F. Microstructure of concrete subjected to elevated temperatures: physico-chemical changes and analysis techniques. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 13, n. 6, p. 1134-1156, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/riem/a/Fn8Q7Vqx6rDYRNJMPNTwMwk/. Acesso em: 8 jun. 2025.

[15] RAYMUNDO, C. A. C.; PARSEKIAN, G. A.; RAYMUNDO, H. Utilização da argamassa polimérica com junta fina em alvenarias de vedação. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 1., 2017, Campinas. Porto Alegre: ANTAC, 2017. Disponível em: antac.org.br.

[16] THOMAZ, Ércio; HELENE, Paulo R. L. Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), 2000.