

SELEÇÃO DE BACTÉRIAS E CONDIÇÕES DE ENSAIO PARA A FORMULAÇÃO DE BIOARGAMASSA

Izabella Nicácio da Silva (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Angela Maria Picolloto, Aline Naiara Zito (co-orientadora), Vanessa Daneluz Gonçalves (Orientador). E-mail: vdgoncalves@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Umuarama, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharias, Engenharia Civil e Materiais e Componentes de Construção

Palavras-chave: Autocura; Biomineralização; Durabilidade.

RESUMO

Este estudo avaliou a viabilidade técnica da bioargamassa incorporando bactérias do gênero *Bacillus* encapsuladas em alginato de sódio como alternativa sustentável a argamassa convencional. Foram testadas as espécies *Bacillus cereus* e *Bacillus thuringiensis* em cápsulas, incorporadas em corpos de prova. Após 28 dias de cura, realizaram-se ensaios de resistência à compressão axial e permeabilidade. Os resultados indicaram desempenho mecânico superior ou similar a argamassa de referência para *Bacillus cereus*, enquanto *Bacillus thuringiensis* apresentou maior variabilidade. O aumento da absorção de água nos concretos com bactérias evidenciou a viabilidade biológica dos microrganismos. Os dados sugerem que o uso da *Bacillus cereus* é promissor para a bioargamassa, em termos de resistência mecânica e potencialmente quanto a autocicatrização, de modo a configurar-se como alternativa sustentável para a construção civil.

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido à sua resistência e durabilidade, mas sua produção gera impactos ambientais significativos, incluindo emissões de CO₂ e geração de resíduos de construção (Jonkers *et al.*, 2010; Ogunmakinde *et al.*, 2021). Além disso, o concreto convencional é suscetível a fissuras que comprometem sua integridade e aumentam os custos de manutenção (Silva, 2018; Zanzarini, 2016).

O bioconcreto surge como alternativa sustentável, incorporando bactérias do gênero *Bacillus* capazes de promover biomineralização e autocicatrização de fissuras, principalmente quando encapsuladas em alginato de sódio, o que aumenta sua viabilidade e durabilidade (Mors; Jonkers, 2012).

Diante disso, o presente estudo avaliou a viabilidade técnica da bioargamassa em comparação a argamassa convencional, considerando resistência mecânica e a permeabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas duas espécies do gênero *Bacillus*, *Bacillus cereus* (BC) e *Bacillus thuringiensis* (BT), selecionadas por sua capacidade de formar esporos e resistir ao ambiente hostil da argamassa. As cepas, obtidas no Laboratório de Biologia do IFPR – Câmpus Umuarama/PR, foram cultivadas em ágar a 37 °C por 24 h, atingindo concentrações de 8×10^9 UFC/mL (BC) e 1×10^8 UFC/mL (BT). As bactérias foram encapsuladas em esferas de alginato de sódio utilizando cloreto de cálcio e lactato de cálcio, sendo a formulação com 75% de CaCl_2 e 25% de lactato a que apresentou melhor desempenho, resultando em cápsulas firmes e estáveis. O preparo envolveu dissolução do alginato, gotejamento na solução de cálcio e secagem em estufa a 37 °C seguida de dessecador a vácuo, com incorporação das bactérias ao alginato antes da gelificação para formar cápsulas com núcleo líquido. Foram moldados 72 corpos de prova cilíndricos (10 cm $\times$ 5 cm), divididos em três grupos: referência (REF), com BC e com BT, com argamassa preparada conforme ABNT NBR 7215 (1996) e incorporação de 5% em massa de cápsulas. Após 28 dias de cura úmida, os corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência à compressão axial e permeabilidade, avaliando desempenho mecânico e absorção de água ao longo de sete semanas, seguindo normas ABNT correspondentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de cura de 28 dias, foram realizados os ensaios de resistência à compressão axial em seis corpos de prova de cada traço: REF, BC e BT. As médias obtidas para cada condição de carga (100%, 80% e 70%) estão apresentadas na Figura 1.

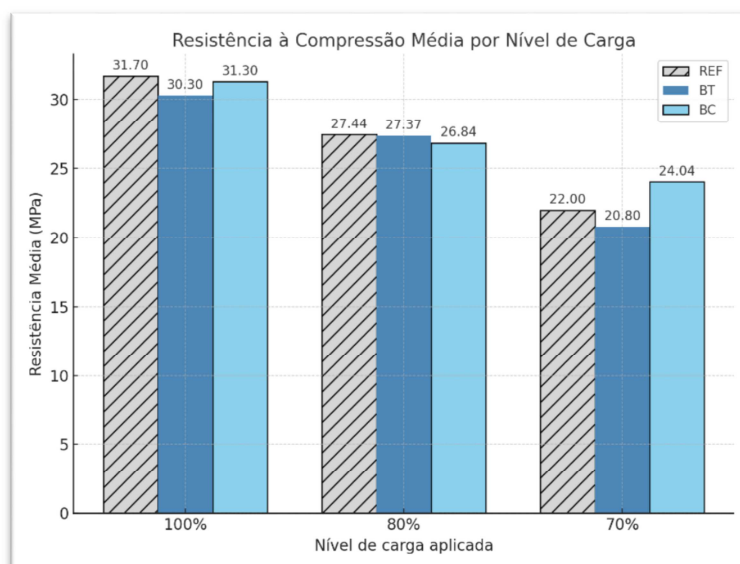


Figura 1 - Resistência à compressão média dos corpos de prova submetidos a 100%, 80% e 70% da carga de ruptura.

Observa-se que, na condição de 100% da carga de ruptura, o traço BC apresentou resistência média próxima à do REF, enquanto o BT apresentou valores inferiores. Em 80%, os resultados foram semelhantes entre os três grupos, indicando que sob cargas parciais a presença das bactérias não compromete o desempenho do concreto. Já em 70%, destacou-se a maior instabilidade do traço BT, que obteve resistência média inferior às demais. De forma geral, o BC demonstrou maior estabilidade e desempenho próximo ou superior ao REF, sugerindo-se como a alternativa mais promissora para aplicação na bioargamassa.

O ensaio de permeabilidade avaliou a absorção de água em corpos de prova submetidos a 80% e 70% da resistência à compressão. Os resultados estão apresentados na Figura 2. Observa-se que o grupo de referência (REF) apresentou menores valores de absorção em ambas as condições, indicando menor permeabilidade. Já os grupos com adição bacteriana (BT e BC) apresentaram maiores valores, atribuídos à retenção de água pelas bactérias incorporadas, evidenciando sua viabilidade no interior da matriz cimentícia.

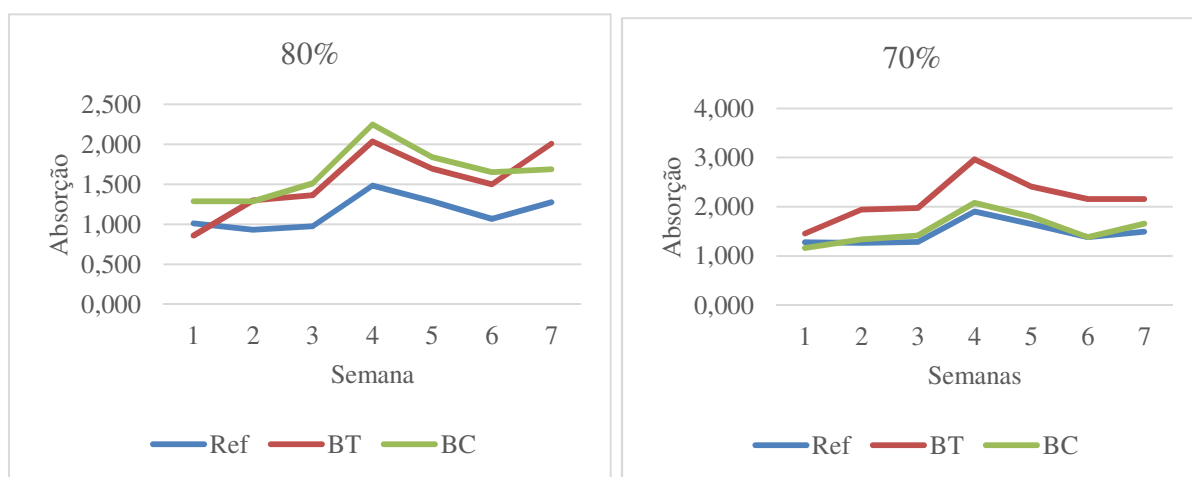


Figura 2 - Valores de absorção de água (%) nos corpos de prova submetidos a 80% e 70% da resistência à compressão ao longo de 7 semanas.

Em ambas as condições, destaca-se um pico de absorção na quarta semana, associado às variações de temperatura e umidade, o que demonstra a influência das condições ambientais sobre o ensaio. Entre os grupos bacterianos, o BT apresentou maiores absorções, especialmente a 70%, alcançando o maior pico registrado, os resultados sugerem que a atividade biológica das bactérias pode favorecer o mecanismo de autocicatrização.

CONCLUSÕES

O encapsulamento das bactérias em microcápsulas de alginato, utilizando cloreto e lactato de cálcio, preservou a atividade metabólica e a integridade estrutural das esferas, garantindo que as bactérias permanecessem viáveis na matriz cimentícia. Os resultados parciais indicam que o bioconcreto com *Bacillus cereus* apresentou

desempenho mecânico semelhante ou superior ao concreto de referência, enquanto o traço com *Bacillus thuringiensis* mostrou maior variabilidade. Os ensaios de permeabilidade evidenciaram retenção de água, sugerindo o potencial para autocura de fissuras sem intervenção externa. Esses resultados reforçam a bioargamassa como uma alternativa promissora para maior durabilidade e sustentabilidade na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária pela bolsa acadêmica concedida para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

BASSANI, J. C. **Imobilização de células microbianas em esferas de alginato de cálcio e avaliação da viabilidade celular e estabilidade bioquímica em diferentes condições de armazenamento.** 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

JONKERS, H. M.; THIJSEN, A.; MUYZER, G.; et al. **Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete.** Ecological Engineering, v. 36, n. 2, p. 230–235, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857409000202>. Acesso em: 19 jun. 2025.

MORS, R. M.; JONKERS, H. M. **Bacteria-based self-healing concrete – introduction,** 32-39, 2012.

OGUNMAKINDE, O. E.; EGBELAKIN, T.; SHER, W. **Construction and demolition waste generation rates for high-rise buildings in developed countries.** Resources, Conservation & Recycling, v. 172, p. 105658, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344921006315>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SILVA, A. M. D. **Avaliação da viabilidade técnica e econômica do uso do bioconcreto em substituição ao concreto comum.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, FUCAMP, Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil, 2018.

WANG, J.; VAN TITELTBOOM, K.; DE BELIE, N.; VERSTRAETE, W. **Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete.** Construction and Building Materials, v. 26, n. 1, p. 532–540, 2012. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.054