INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE *Bacillus subtilis* NA EFICÁCIA DA AUTORREGENERAÇÃO DE FISSURAS EM BIOCONCRETO

Carmen Lúcia da Costa Lima (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Aline Naiara Zito, Angela Maria Picolloto, Vanessa Daneluz Gonçalves (Orientadora). E-mail: vdgoncalves@uem.br.

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

Engenharia Civil, Materiais e Componentes de Construção

Palavras-chave: Fechamento de Fissuras; Construção Sustentável; Tecnologia do Concreto

RESUMO

As Fissuras são pequenas aberturas que ocorrem quando o concreto está submetido a tensões superiores à sua resistência, pode ser causada por diversos motivos e originar patologias maiores. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes concentrações da bactéria *Bacillus subtilis* (*BS*) na imersão do concreto para aplicação em estruturas com presença de fissuras. A caracterização dos agregados apresentou módulo de finura de 1,83, indicando areia trabalhada como fina. A determinação Gram, confirmou a classificação Gram-positiva da bactéria. Os corpos de prova foram fissurados e passaram por ciclos de molhagem e secagem na solução bacteriana. Os resultados obtidos até o momento não apresentaram fechamento integral das fissuras nas condições avaliadas. Os corpos de prova serão submetidos a ensaios de compressão, porosidade, absorção de água por imersão e capilaridade, além de análises por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados obtidos posteriormente vão permitir avaliar a eficiência do tratamento com *BS* nas condições estudadas.

INTRODUÇÃO

A produção global de concreto girou em torno de 26 gigatoneladas em 2020, quatro vezes maior que o valor registrado há trinta anos devido à demanda por infraestrutura (Watari et al., 2023). O setor de materiais na construção civil apesar de contribuir para a urbanização mundial, se caracteriza pela exploração de recursos naturais em larga escala, alinhando-se intensivamente ao ciclo de “extrair-produzir-descartar” (Yang et al., 2022).

A Organização das Nações Unidas (ONU) indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em destaque a ODS 9, que trata do desenvolvimento de infraestruturas de qualidade, promoção da industrialização inclusiva e sustentável, sendo essencial para pesquisas sobre materiais inovadores como o bioconcreto.

O concreto está sujeito à ação do tempo e às intervenções humanas, que podem desencadear reações responsáveis pela expansão e pelo aumento das tensões internas. Esse processo gera fissuras e, posteriormente, pode levar à desintegração do material (Bauer; Dias, 2025).

O uso de bactérias em materiais cimentícios para autocicatrização de fissuras tem demonstrado grande potencial. A *Bacillus subtilis* (BS) é encontrada em solos e no trato gastrointestinal de ruminantes, desempenhando papel importante em diversas aplicações industriais, como a agricultura (Williams; Weir, 2024, p. 78).

O objetivo do trabalho é avaliar como diferentes concentrações da bactéria *BS* na imersão do concreto influenciam no processo de autorregeneração de fissuras em estruturas sem comprometer a integridade do concreto, recuperando a resistência mecânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento utilizou uma argamassa com traço definido de 1:3:0,48 e moldado em corpos de prova cilíndricos com dimensões de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura divididos em três grupos. Os agregados foram previamente caracterizados quanto à sua granulometria, e a consistência da argamassa foi ajustada pelo ensaio de espalhamento para garantir a homogeneidade.

A *BS* foi cultivada em ambiente controlado, utilizando lactato de cálcio como fonte de carbono para ativação metabólica. A identificação da bactéria foi confirmada pelo método de coloração Gram. A concentração obtida de 10^{11} UFC/mL foi diluída num meio de lactato de cálcio para definir três grupos de tratamento: T1 (controle), T2 (10^5 UFC/mL) e T3 (10^8 UFC/mL).

Após a cura inicial de 28 dias, os corpos de prova foram fissurados por compressão diametral em prensa hidráulica. Após o rompimento as partes foram recoladas com adesivo epóxi (compound), e a abertura das fissuras foi medida com auxílio de um fissurômetro acoplado à superfície do corpo de prova, garantindo que as fissuras apresentassem aberturas semelhantes entre 0,3 e 0,4 mm.

A introdução da bactéria deu-se por imersão total dos corpos de prova na solução de lactato e bactéria, seguida por ciclos de molhagem e secagem (2 dias imersos e 5 dias secos) durante um mês. Foram monitorados o pH, temperatura externa e da solução, umidade do ar, condutividade elétrica e aspectos visuais.

Os corpos de prova serão submetidos a ensaios de desempenho para avaliação da influência da imersão bacteriana. Estão previstos: ensaios de compressão, porosidade e absorção, Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O agregado utilizado apresentou-se como uma areia fina, tendendo a aumentar a área específica do material, podendo elevar o uso de água e cimento na mistura para manter a trabalhabilidade. O ensaio de espalhamento (flow table)

resultou num diâmetro médio de 260 mm, indicando boa trabalhabilidade e garantindo homogeneidade na moldagem dos corpos de prova.

Durante as 6 semanas de ciclos de molhagem e secagem, o pH inicial das soluções bacterianas se manteve entre 6,25 e 6,49 e após dois dias de imersão o pH aumentou num intervalo de 8,02 e 11,19 indicando que as bactérias estão ativas, o pH alcalino induz a precipitação do carbonato de cálcio. O aumento da condutividade também foi observado, confirmando a atividade das bactérias.

Ao final de cada ciclo foi realizado o registro fotográfico de uma região do corpo de prova predefinida. A Figura 1 representa o corpo de prova controle T1 durante um período de duas semanas. Pode-se observar que não ocorreu nenhuma alteração visual.

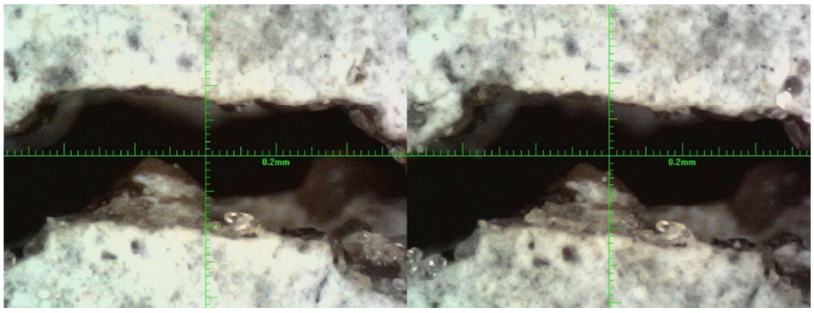


Figura 1 – Corpo de prova Controle (P), apenas solução de lactato.

Na Figura 2, durante o mesmo período, no tratamento T2 foi observado a presença de um material depositado no interior da fissura.

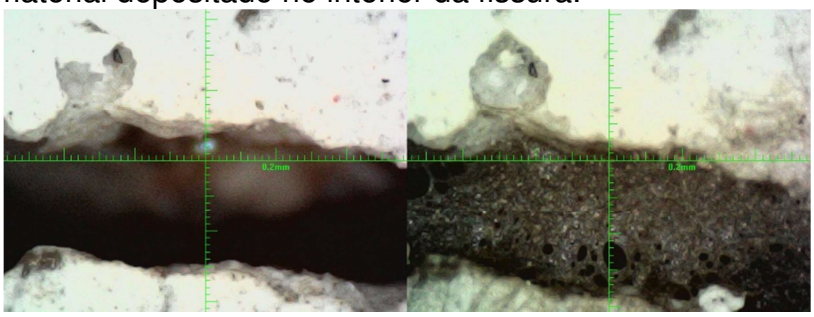


Figura 2 – Corpo de prova T2 (B), solução com concentração de 10^5 UFC/mL.

Na Figura 3, o tratamento T3 assim como o T1 não apresentou variação na estrutura.

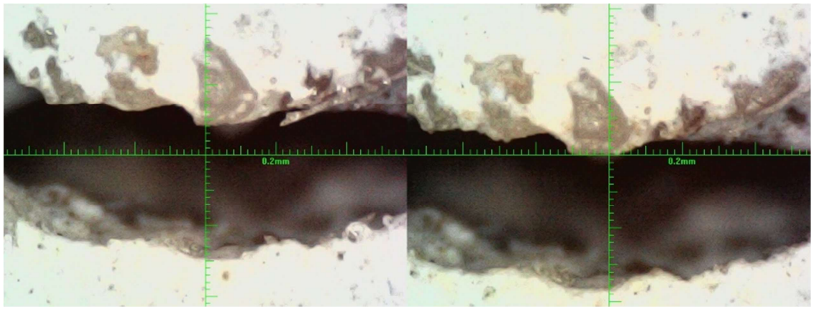


Figura 2 – Corpo de prova T3 (H), solução com concentração de 10^8 UFC/mL.

Nos tratamentos T2 e T3, de modo geral, foram registrados locais pontuais de formação de precipitados, sem selamento total da fissura. Os corpos de prova serão submetidos a ensaios de desempenho para avaliação da influência da imersão bacteriana e identificação do material depositado no interior da fissura. Estão previstos: ensaios de compressão, porosidade e absorção, FTIR e MEV.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento não evidenciaram o fechamento integral das fissuras nas condições avaliadas. As análises complementares, como os ensaios de caracterização física e mecânica além das técnicas de FTIR e MEV, encontram-se em andamento e serão utilizadas para complementar a avaliação da eficiência do tratamento com *BS.*

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa. À UEM, pelo suporte institucional. À minha orientadora, pelo acompanhamento, orientação e contribuição ao longo da pesquisa. À F.A Mix, pelo apoio e fornecimento dos materiais necessários para a execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BAUER, L. A. F.; DIAS, J. F. **Materiais de construção**. 7. ed. [S. l.]: LTC, 2025. v. único.

WATARI, T. et al. Growing role of concrete in sand and climate crises**. iScience**, p. 106782, abr. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106782. Acesso em: 12 ago. 2026.

WILLIAMS, N.; WEIR, T. L. Spore-Based Probiotic Bacillus subtilis: Current Applications in Humans and Future Perspectives. **Fermentation**, v. 10, n. 2, p. 78, jan. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/fermentation10020078. Acesso em: 12 ago. 2026.

YANG, Y. et al. Attaining higher levels of circularity in construction: Scientometric review and cross-industry exploration. **Journal of Cleaner Production**, v. 375, p. 133934, nov. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133934. Acesso em: 12 ago. 2026.