



BIOMINERALIZAÇÃO EM CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO

Giovanna Raizer da Silva¹

Alan Rodrigo Sorce²

Igor Rafael Buttignol de Oliveira³

Sylma Carvalho Maestrelli⁴

Desenvolvimento urbano e rural

Resumo

Arelada ao desenvolvimento urbano, a produção mundial de concreto está crescendo, tornando o cimento um dos materiais mais consumidos e responsável pela emissão de CO₂. Concretos de pós-reativos (CPR) foram desenvolvidos para aumentar a resistência mecânica e durabilidade de construções em geral, mas ainda são suscetíveis a fissuras e trincas. Métodos tradicionais de reparo, como resinas epóxi e selantes são pouco sustentáveis, destacando a necessidade de inovações mais ecológicas. Uma alternativa promissora é o uso de organismos biológicos para promover a autocura de concretos por meio da formação de CaCO₃ nas trincas (Biomíneralização), aumentando sua durabilidade, e protegendo a estrutura interna do concreto. Para isso, é necessário o encapsulamento dessas bactérias (*Lysinibacillus sphaericus*), de modo a protegê-las durante a mistura e preparo do concreto. Nesta pesquisa preliminar investigou-se o efeito da adição de cápsulas de alginato de sódio (0,5 e 1% em peso da massa total) na formulação de CPR, comparando com uma composição padrão, sem alginato. As cápsulas foram obtidas em laboratório e resultaram em influência mínima no empacotamento final da mistura, no qual os índices de vazios e absorção de água não fossem significativamente afetados variando de 2,26 a 2,41% e 5,03 a 5,52%. Ensaio mecânicos de compressão, realizados aos 7, 14 e 28 dias mostraram, em geral, um aumento de resistência ao longo do tempo; os ensaios de flexão demonstraram um aumento na resistência mecânica ao longo do tempo. Imagens de microscopia ótica comprovaram o potencial na regeneração de propriedades do concreto, sugerindo uma solução viável e sustentável.

Palavras-chave: Autocura, Sustentabilidade, CPR, Biomíneralização.

¹ Discente do Curso de Engenharia Química – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, giovanna.silva@sou.unifal-mg.edu.br.

² Me. Profissional em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, alan.sorce@sou.unifal-mg.edu.br.

³ Me. Profissional em Engenharia Civil – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, igor.oliveira@sou.unifal-mg.edu.br.

⁴ Prof. Dr. Profissional em Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, sylma.maestrelli@unifal-mg.edu.br



INTRODUÇÃO

A produção mundial de concretos está em constante crescimento, tornando o cimento um dos materiais mais consumidos e um grande responsável pela emissão de CO₂ devido ao seu processo produtivo. Materiais cimentícios são suscetíveis à formação de trincas e fissuras por fatores físicos, químicos e biológicos, exigindo reparos ou substituições que consomem recursos minerais como calcário, argila, areia e água.

Concretos de pós reativos (CPR) foram desenvolvidos para aumentar a resistência e longevidade desses materiais, este que apresenta alta compacidade, homogeneidade e ductilidade, resultando em melhores resistências à compressão, tração e flexão em comparação ao concreto tradicional. No entanto, mesmo com suas elevadas características de resistência, o CPR também pode apresentar fissuras e trincas.

Métodos tradicionais de reparo, como resinas epóxi e selantes impermeabilizantes, são amplamente utilizados, mas há uma crescente necessidade de tecnologias que minimizem impactos ambientais e utilizem recursos renováveis de forma sustentável. Uma alternativa promissora é o uso de organismos biológicos para promover a autocura, regenerando propriedades da estrutura com a deposição de calcita ou carbonato de cálcio (CaCO₃), reduzindo o uso de recursos naturais e a contaminação ambiental ao empregar bactérias como agentes biomineralizadores em vez de produtos químicos prejudiciais.

METODOLOGIA

As matérias-primas utilizadas nessa pesquisa foram diversas e específicas para garantir a qualidade e o desempenho dos concretos de pós reativos (CPR). O cimento, fabricado pela empresa Cimento Nacional, é do tipo CP V-ARI, que apresenta alta resistência inicial, desforma rápida, excelente aderência na aplicação e máxima coesão em concretos autoadensáveis. A areia, proveniente da região de Pirassununga, ensacada e de origem natural, comercializada pela empresa Gato Neves Materiais de Construção. A microssílica, ou sílica ativa, produzida pela empresa Tecnosil Indústria de Comércio de



Materiais de Construção LTDA, foi utilizada em forma de esferas com diâmetro médio de 0,2 μm , coloração cinza e teor de SiO_2 superior a 90%. Outras matérias-primas incluíram o pó de quartzo, produzido pela empresa Brasilminas, de coloração branca e granulometria ultrafina (malha 1000 mesh). O superplastificante, fabricado pela BASF S/A, à base de policarboxilato éter, foi classificado como aditivo dispersante de terceira geração, comercialmente conhecido como MasterGlenium 51®. A água de amassamento foi proveniente da rede de abastecimento hídrico da cidade de Poços de Caldas, controlada pelo DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto). Para produção das cápsulas, foram utilizados alginato de sódio com teor de pureza de 90%, conforme dados do fabricante Dinâmica Química Contemporânea LTDA, e cloreto de cálcio com teor de pureza entre 74% e 78%, fornecido pela Vetec Química Fina. Por fim, esporos da bactéria *Lysinibacillus sphaericus*, são incorporados na solução de alginato de sódio, para serem incluídas para promover a autocura dos concretos.

Neste estudo, foram desenvolvidas e produzidas três formulações distintas para corpos de prova, com o objetivo de analisar e comparar os efeitos da adição de cápsulas de alginato. As formulações variaram na quantidade de cápsulas adicionadas, sendo denominadas como F0: Formulação de referência (sem adição de cápsulas), F1: Formulação com adição de 0,5% de cápsulas e F2: Formulação com adição de 1,0% de cápsulas. As formulações basearam-se na metodologia de referência de Oliveira (2022), que define as proporções e relações em massa dos materiais utilizados, fundamentadas no método de empacotamento de partículas.

Para determinar as propriedades dos corpos de prova, foram realizados ensaios de compressão, absorção de água e índice de vazios em corpos de prova cilíndricos, além de ensaios de flexão em corpos de prova prismáticos, conforme as normas ABNT NBR 9778:2005 e ABNT NBR 7215:2019. Sendo assim, a preparação da massa e a moldagem dos corpos de prova seguiram as normas ABNT NBR 12655:2022 e ABNT NBR 5738:2015. Os corpos de prova foram moldados em duas formas: cilíndricos, com dimensões de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro, e prismáticos, com dimensões de 40 mm de altura, 40 mm de largura e 160 mm de comprimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cápsulas de alginato de sódio apresentaram um diâmetro de aproximadamente 1 mm após a secagem. Observou-se uma grande variabilidade na esfericidade, com formatos pontiagudos, planos ou achatados, essa variação pode ser causada por parâmetros do processo de fabricação como altura e velocidade do gotejamento, velocidade de agitação da solução de cloreto de cálcio e acúmulo de esferas na solução. No entanto, apesar dessa variação na esfericidade, a quantidade de cápsulas no meio cimentício é pequena, resultando em influência mínima no empacotamento final da mistura.

Outro fator analisado são os índices de vazios e à absorção de água, nos quais a presença das cápsulas de alginato de sódio não interfere significativamente. Na formulação F0, os resultados foram de 5,40 para o índice de vazios e 2,41 para a absorção de água; na F1, 5,03 e 2,26; e na F2, 5,52 e 2,47, respectivamente. Essa baixa influência das cápsulas no meio se deve ao fato de suas proporções serem relativamente pequenas. Ainda assim, ressalta-se que devido a presença de somente agregados finos e a baixa relação água-cimento contribuem com a baixa porosidade do material.

Os ensaios mecânicos de compressão foram realizados em parceria com o Centro Cerâmico do Brasil para as idades de 7 e 14 dias, e finalizados na empresa Polimix após 28 dias. Observou-se uma tendência de aumento de resistência ao longo do tempo nos dias 7 e 28 para todos os grupos. No entanto, nos dias 14 e 28, a formulação contendo 1,0% de cápsulas apresentou uma queda inesperada nos valores de resistência. Essa variação pode ser atribuída a hipóteses como falha humana ou à execução dos ensaios em diferentes prensas. Isto pode ser visto claramente observadas por meio do Gráfico 01.

Os testes de flexão foram realizados em parceria com o Centro Cerâmico do Brasil. Assim como nos testes de compressão, a presença das cápsulas de alginato de sódio teve pouca influência. Ao analisar o gráfico, observa-se um aumento da resistência mecânica ao longo dos dias. No entanto, apenas nas formulações de referência e nas que contêm 0,5% de cápsulas, houve uma diminuição aparente na resistência mecânica, observados no Gráfico 02; todavia, as medidas estão muito próximas, considerando-se os desvios padrão.

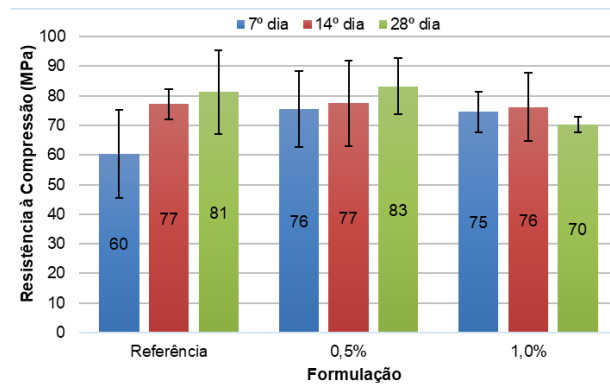


Gráfico 01: Média da resistência mecânica à compressão em relação às formulações e dias de rompimento.

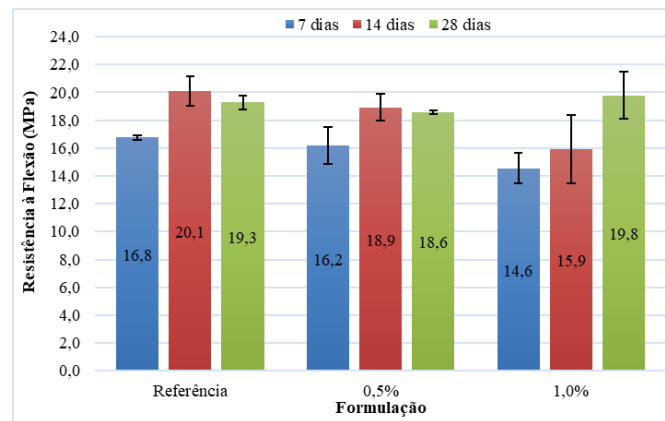


Gráfico 02: Média da resistência mecânica à flexão em relação às formulações e dias de rompimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inovação no meio da construção civil é de extrema importância, especialmente no desenvolvimento de materiais que promovam a sustentabilidade e a durabilidade das estruturas. A pesquisa sobre o uso de cápsulas contendo bactérias em concretos de pós-reativos (CPR) demonstra que esta tecnologia não causa prejuízos às propriedades mecânicas do concreto, especificamente, no empacotamento e na qualidade das massas obtidas nos estados fresco e endurecido. As resistências das diferentes formulações se mantiveram dentro da normalidade ao longo do tempo, indicando que a adição de bactérias encapsuladas pode ser uma solução viável e eficaz para a autossuficiência do concreto na reparação de danos. Assim, a utilização desta biotecnologia pode representar um avanço



significativo para a construção civil, contribuindo para a longevidade e a manutenção das estruturas de concreto. A continuidade desta pesquisa está sendo realizada, como o estudo efetivo de cápsulas contendo a bactéria *Lysinibacillus sphaericus*, e o fechamento de trincas pela sua ação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655:2022** Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:2015** Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215:2019** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778:2005** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

GONSALVES, G. M. **Bioconcrete - A Sustainable Substitute for Concrete?** 2011. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Unversitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, 2011.

OLIVEIRA, I. R. B. de; SORCE, A. R.; GAGLIERI, M. V. V.; CASSANJES, F. C.; MAESTRELLI, S. C. Influence of the addition of glass from long neck bottles in the properties of the reactive powder concrete. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 13.