



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025

**EFEITOS DO NANOCOMPOSITO DE SILICATO DE CÁLCIO HIDRATADO
NA HIDRATAÇÃO E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CIMENTO DE
ARGILA CALCINADA E MÁRMORE**

Mirelle Amorim de Souza Lopes¹; Tiago Assuncao Santos²

1. Mirelle Amorim de Souza Lopes, PROBIC/UEFS, ENGENHARIA CIVIL, e-mail:
mirellefim@gmail.com

2. Tiago Assunção Santos, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: tasantos1@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: C-S-H seeds; RMBB; argila calcinada

1 INTRODUÇÃO

A descarbonização do clínquer em seu processo de produção desencadeia uma alta liberação do dióxido de carbono (CO_2), de até 7% em correspondência com a emissão desse gás de forma global (ABCP, 2025). Analogamente, para mitigar esse problema, estudou-se a utilização de materiais cimentícios suplementares (MCS), permitindo a substituição parcial do clínquer, o que reduz gastos energéticos (Benhelal; Shamsaei; Rashid, 2021) (Snellings; Suraneni; Skibsted, 2023). O uso de materiais pozolânicos (em teores de 15 a 45%), como a argila, por exemplo, realizam efeitos sinérgicos e fornecem um melhor desempenho mecânico em comparação ao cimento Portland, pela reação pozolânica (Mehta; Monteiro, 2008) (Antoni; Rossen; Martirena; Scrivener, 2012). Outro exemplo de MCS é o mármore, o qual se caracteriza por possuir subprodutos ricos em carbonato de cálcio, assim como o calcário, de acordo com Vieira (2020), através da análise de FRX, o resíduo de mármore Bege Bahia (RMBB), constituiu de um maior teor de calcita em comparação ao calcário (6,04% a mais), o que o torna um potencial substituto do calcário. Portanto, o uso de aditivos se tornou uma das opções para a aceleração da reatividade dos cimentos que realizam reação pozolônica, visto que a qual é naturalmente lenta (Mehta; Monteiro, 2008). O uso de nanocompósitos de silicato

de cálcio hidratado em cimentos compostos, por exemplo, segundo Zunino *et al.* (2025), acelerou a cinética de hidratação do cimento misto, atuando através do micropreenchimento dos vazios da matriz cimentícia e nucleação do C-S-H. De acordo com Morales-Cantero *et al.* (2024), houve um bom desenvolvimento da resistência inicial em apenas 1 dia e melhorias de até 26% da sua resistência em idades posteriores. Dessa forma, o presente estudo avaliou o potencial desempenho do cimento com argila calcinada, com a substituição parcial do calcário pelo resíduo de mármore Bege Bahia e a incorporação do aditivo C-S-H seeds nas misturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Como acelerador de resistência, será usado o aditivo Master X-Seed [®], composto a partir de nanocompósitos de C-S-H. Para a confecção dos cimentos, foram utilizados o clínquer, metacaulim, gipsita e o resíduo de mármore Bege Bahia (RMBB). As matérias primas foram uniformizadas por meio da moagem e peneiramento em uma peneira de 75 μm (n^o 200). As composições mineralógicas das amostras de cada material foram inspecionadas por difração de raios-x (DRX), na Figura 1.

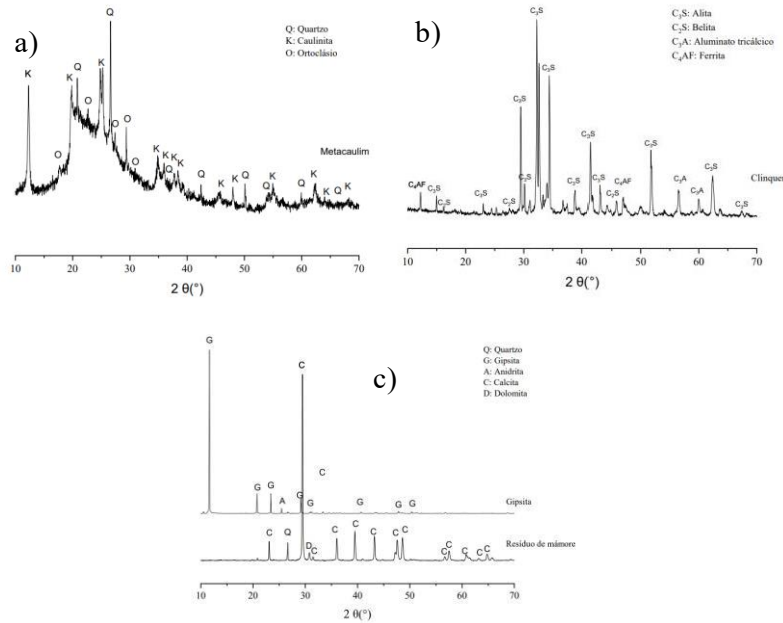


Fig. 1. Diagramas de DRX das amostras de metacaulim, clínquer, resíduo de RMBB e gipsita.

2.2 Métodos

Nesse sentido, foram preparadas argamassas com RMBB, com dosagens do aditivo pré-determinadas de 0,5, 1,0 e 1,5% (em massa sólida) em peso do cimento, a argamassa com o cimento referência não é composta com o aditivo. O teor de sólidos encontrado, através da NBR 11768-3 (ABNT, 2019), foi de 21,7% em peso do aditivo. Ademais, a relação a/c utilizada foi de 0,80. As misturas recém-preparadas foram moldadas em moldes cilíndricos com dimensões de 2,78 x 6,14 mm, que foram desmoldados e após 24 horas e curados por 1, 3, 7 e 28 dias. Além disso, para cada cimento foi realizado o ensaio de resistência a compressão para as idades 1, 3, 7 e 28 dias.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Melhoria da resistência inicial dos corpos de prova de argamassa

Por meio desse estudo, foi possível analisar os efeitos do aditivo C-S-H *seeds*, haja vista a resistência dos corpos de prova compostos por argamassa de cimento com metacaulim e RMBB. Dessa forma, as argamassas foram preparadas com 0%, 0,5%, 1,0% e 1,5% em peso do nanocompósito e suas respectivas idades de cura foram de 1, 3, 7 e 28 dias. Com isso, os corpos de prova com adição de C-S-H seeds apresentam uma maior resistência na Figura 2. Nesse sentido, é notável observar um aumento do desempenho das argamassas com aditivo com o teor de 1,5% de C-S-H seeds, em que, a partir de 3 dias houve uma melhora de 92,55% em comparação a argamassa referência. Em 7 dias, o processo de formação de resistência foi maturado, porém se manteve estável com melhoria de até 41,50%, com 20,49 MPa. Logo após, em 28 dias, essa argamassa atingiu 30,53 MPa. Isso significa que, apesar do fator clinquer ser reduzido, cimentos com alta mistura de MCS's juntamente com o aditivo utilizado, podem desenvolver altas resistências iniciais.

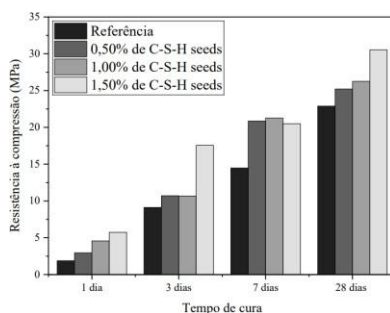


Fig. 2. Gráfico de resistência à compressão das argamassas produzidas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O C-S-H seeds foi utilizado em diferentes teores para que haja um micropreenchimento dos poros presentes na mistura da argamassa com argila calcinada e RMBB. Nesse processo, houve um aumento considerável da resistência das primeiras idades de cura, quando comparadas às argamassas de referência. Em especial, com 1,5% do nanocompósito incorporado em peso do cimento, a resistência atingiu 17,55 MPa, em 3 dias, aumentando 92,55% em relação a argamassa sem aditivo. Nessa perspectiva, mesmo com uma desaceleração do crescimento nas idades posteriores (em 7 dias), esse desempenho se manteve estável e contribuiu com um aumento de 33,43% em 28 dias.

5 REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Indústria do cimento avança para alcançar a neutralidade de carbono em 2050. *ESG Inside*. Disponível em: <https://abcp.org.br/industria-do-cimento-avanca-para-alcancar-a-neutralidade-de-carbono-em-2050/>.

ANTONI, M.; ROSSEN, J.; MARTIRENA, F.; SCRIVENER, K. Cement substitution by a combination of metakaolin and limestone. *Cement and Concrete Research*, v. 42, n. 12, p. 1579-1589, 2012.

BENHELAL, E.; SHAMSAEI, E.; RASHID, M. I. Challenges against CO₂ abatement strategies in cement industry: A review. *Journal of Environmental Sciences*, v. 104, p. 84–101, jun. 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008

MORALES-CANTERO, A.; DE LA TORRE, A. G.; CUESTA, A.; SANTACRUZ, I.; BERNAL, I. M. R.; MAZANEC, O.; DALLA-LIBERA, A.; BORRALLERAS, P.; ARANDA, M. A. G. In situ synchrotron powder diffraction study of LC3 cement activation at very early ages by C-S-H nucleation seeding. *Cement and Concrete Research*, v. 178, 107463, 2024.

SNELLINGS, R.; SURANENI, P.; SKIBSTED, J. Future and emerging supplementary cementitious materials. *Cement and Concrete Research*, v. 171, 107199, Sept. 2023.

ZUNINO, F.; LI, X.; DENGLER, J. Technological approaches to improve early-age strength of limestone calcined clay cements. *Engineering*, 2025.