



**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**

### **Desenvolvimento de matriz cimentícia de pega acelerada com a incorporação conjunta de nanocelulose produzida da fibra da casca do coco e aditivo C-S-H Seed**

**Melissa de Jesus Menezes<sup>1</sup>; Silas de Andrade Pinto<sup>2</sup>**

1. Melissa de Jesus Menezes, PVIC/UEFS, ENGENHARIA CIVIL, e-mail: melissamenezesj@gmail.com

2. Silas de Andrade Pinto, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: sapinto@uefs.br

**PALAVRAS-CHAVE:** nanocelulose; C-S-H *seeds*; pega acelerada

### **INTRODUÇÃO**

O aumento das demandas da sociedade contemporânea tem impulsionado a expansão da construção civil, exigindo soluções que conciliem eficiência, produtividade e rapidez de execução. Esse contexto evidencia a necessidade de materiais com desempenho superior, capazes de atender às exigências normativas de durabilidade e resistência, ao mesmo tempo em que contribuam para a redução dos impactos ambientais. Entre os setores mais críticos, destacam-se as obras de infraestrutura de transporte, como pavimentos e tabuleiros de pontes, que frequentemente requerem concretos de pega acelerada para possibilitar a abertura antecipada ao tráfego. Nesse cenário, a busca por maior sustentabilidade tem incentivado o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, unindo mitigação de passivos ambientais e desenvolvimento de compósitos de alto desempenho. Entre os resíduos disponíveis, a casca do coco se destaca por sua abundância no Brasil e pelo potencial de gerar nanocelulose, um nanomaterial com elevada área superficial, baixa densidade e propriedades mecânicas relevantes para reforço em matrizes cimentícias (Brainer; Ximenes, 2020; Onuaguluchi et al., 2014). Paralelamente, o setor cimenteiro enfrenta o desafio de reduzir o teor de clínquer em sua produção, uma vez que este é responsável por significativa parcela das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Nesse contexto, aditivos químicos como as sementes de silicato de cálcio hidratado (C-S-H seeds) vêm sendo estudados por sua capacidade de atuar como núcleos de hidratação, acelerando o ganho de resistência e reduzindo os tempos de pega (Pedrosa et al., 2020; Das et al., 2020; Zheng et al., 2024). Diante disso, torna-se relevante comparar o desempenho da nanocelulose obtida da casca do coco e do C-S-H Seed na formulação de matrizes cimentícias de pega acelerada, a fim de avaliar sua viabilidade técnica e ambiental em aplicações críticas da construção civil.

### **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA**

A pesquisa foi conduzida em laboratório e estruturada em três etapas principais: (i) coleta e produção da nanocelulose, (ii) caracterização dos materiais, e (iii) produção de pastas e argamassas e realização dos ensaios no estado fresco e endurecido.

Na primeira etapa, a nanocelulose foi obtida de fibras de coco verde coletadas no aterro sanitário de Feira de Santana – BA, seguindo metodologia de Machado et al. (2014), que envolve secagem, trituração, tratamentos alcalino e de branqueamento, além de ciclos de mixagem e sonicação. Na segunda etapa, realizaram-se ensaios de caracterização física, química e mineralógica do cimento Portland CP V ARI, da nanocelulose produzida, do aditivo acelerador MasterX Seed® 100 (C-S-H Seeds) e dos agregados, conforme normas técnicas estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1. Normas técnicas empregadas

| <b>Ensaio</b>                      | <b>Normas Utilizadas</b>         |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Massa específica (cimento e areia) | NM23 e NBR 16916                 |
| Granulometria                      | Granulômetro à laser e NBR 17054 |
| Análise química do cimento         | Fluorescência de Raios-X         |
| Análise mineralógica do cimento    | Difração de Raios-X              |
| Classe de resistência do cimento   | NBR 7215 e NBR 16697             |
| Finura do cimento                  | NBR 11579 e NBR 16697            |
| Tempo de início e final de pega    | NBR 16606 e 16607                |
| Ensaio de compressão               | NBR 5739                         |
| Porosidade e densidade aparente    | NBR 9778                         |

Por fim, foram produzidas pastas e argamassas de referência e com incorporação de nanocelulose (0,1% e 0,2%) e de C-S-H Seeds (1% e 2%). A avaliação contemplou parâmetros relacionados à cinética de hidratação (tempo de pega), às propriedades no estado fresco (mini slump com cone de Kantro) e ao desempenho no estado endurecido (resistência à compressão, porosidade e densidade aparente), possibilitando a análise comparativa do efeito de cada aditivo sobre as matrizes cimentícias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do efeito da nanocelulose (CNF) de coco e das sementes de C-S-H na argamassa autonivelante evidenciou impactos distintos sobre resistência mecânica, reologia, porosidade e densidade aparente, conforme observado na literatura.

A produção da nanocelulose a partir da fibra de coco apresentou baixo rendimento: a extração de celulose alcançou  $31,23 \pm 1,82\%$ , enquanto a fabricação da suspensão de nanocelulose a partir dessa celulose resultou em rendimento de 17,69%.

O processo mostrou-se trabalhoso e complexo, exigindo etapas de branqueamento, hidrólise ácida e homogeneização, e a suspensão obtida apresentou turbidez e coloração amarronzada, evidenciando presença residual de lignina, o que pode impactar o desempenho e o manuseio do material.



Figura 1: Polpas extraídas da fibra do coco após B - primeira; C - segunda ; D-; terceira. E - quarta lavagem alcalina; ; F - primeiro; G - segundo branqueamento; H - polpa de celulose.

A CNF em teores moderados (0,1%) promoveu aumento na resistência à compressão, equilibrando retenção de água e nucleação de produtos de hidratação, de acordo com Flores et al. (2017), Cao et al. (2015) e Lima (2021). Entretanto, a CNF reduziu o espalhamento da argamassa e aumentou a viscosidade, efeito associado à adsorção das fibras nas partículas de cimento, à formação de redes de hidrogênio e ao aumento da tensão de escoamento, como descrito por Safanelli (2023). O teor mais elevado (0,2%) intensificou esses efeitos, resultando em maior porosidade, menor densidade aparente e ganho de resistência mecânica limitado, coerente com Parveen (2017) e Vanin et al. (2020). Esses resultados sugerem uma possível melhoria da microestrutura em teores moderados de CNF, enquanto teores mais altos podem comprometer essa melhoria devido à aglomeração de fibras.

Tabela 2. Médias dos resultados do ensaio de resistência à compressão em MPa.

| Idade   | Referência | CNF 0,1% | CNF 0,2% | C-S-H<br>Seeds 1% | C-S-H<br>Seeds 2% |
|---------|------------|----------|----------|-------------------|-------------------|
| 1 dia   | 32,3       | 37,5     | 16,5     | 43,5              | 34,9              |
| 7 dias  | 45,2       | 42,6     | 25,4     | 49,3              | 46,1              |
| 28 dias | 47,2       | 49,2     | 38,3     | 49,5              | 47,6              |

As sementes de C-S-H mostraram efeito positivo sobre a fluidez e os tempos de pega, promovendo aceleração da hidratação e maior trabalhabilidade das argamassas, com redução dos tempos de início e fim de pega de até 54 min e 1 h 14 min, respectivamente, conforme observado por Qadri e Garg (2023). Além disso, a incorporação de C-S-H incrementou tanto a resistência inicial quanto a resistência final das argamassas, sugerindo que a ação nucleadora dessas sementes favorece o ganho mecânico em todas as idades avaliadas.

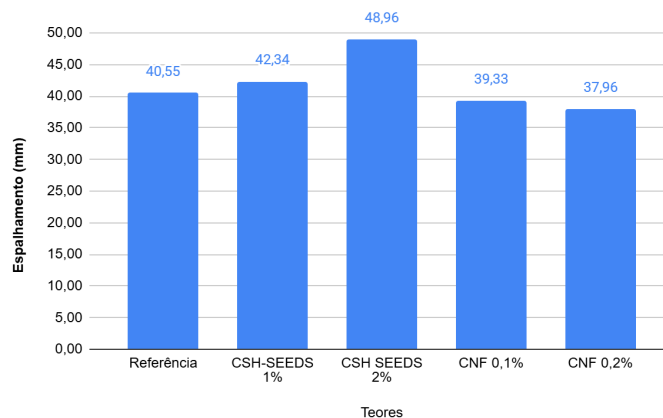


Figura 2: Índice de consistência.

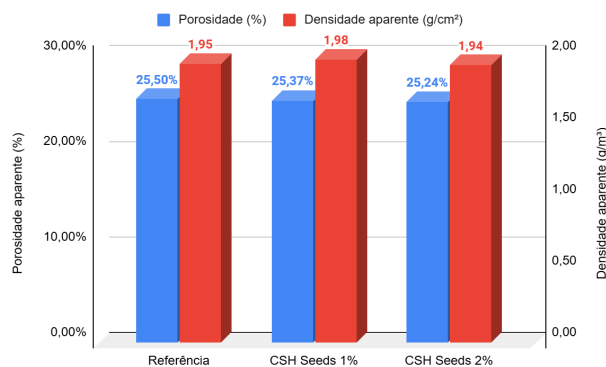


Figura 3: Porosidade e densidade aparentes para amostras Referência, CSH Seeds 1% e CSH seeds 2%.

De forma geral, os achados indicam que tanto a CNF quanto as C-S-H podem influenciar positivamente a microestrutura da matriz, quando utilizados em teores adequados, refletindo-se em maior densificação, aumento de resistência e modulação da porosidade, embora as evidências sobre microestrutura sejam indiretas, baseadas em parâmetros físicos e mecânicos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos sugerem que 1% de sementes de C-S-H representa o teor ótimo para ganho mecânico inicial e final, com indicadores de microestrutura mais densa, aumento da fluidez e redução dos tempos de pega. Já 0,1% de CNF de coco é o teor recomendado isoladamente, garantindo ganhos de resistência sem comprometer excessivamente a consistência, embora reduza o espalhamento. Por outro lado, teores mais altos de CNF elevam a porosidade e podem reduzir a trabalhabilidade, limitando os benefícios mecânicos. A produção da CNF mostrou-se complexa e de baixo rendimento, o que restringe a disponibilidade de material para aplicações em larga escala. Dessa forma, os resultados evidenciam impactos distintos da CNF e das C-S-H sobre a reologia e a hidratação: a CNF tende a restringir o espalhamento enquanto aumenta a resistência em teores moderados, e as C-S-H incrementam tanto a resistência inicial quanto a final, além de melhorar a fluidez e acelerar os tempos de pega. Esses

achados sugerem que cada nanomaterial pode ser aplicado de forma estratégica conforme as demandas da engenharia civil. A interação entre CNF e C-S-H não foi avaliada neste estudo, sendo recomendada investigação futura.

## REFERÊNCIAS

- BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira; XIMENES, Luciano Feijão. Produção de coco: soerguimento das áreas tradicionais do Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste do  
CAO, Y.; ZAVATERRI, P.; YOUNGBLOOD, J.; MOON, R.; WEISS, J. The influence of cellulose nanocrystal additions on the performance of cement paste. *Cement and Concrete Composites*, v. 56, p. 73-83, 2015.
- Das, S., Ray, S., & Sarkar, S. (2020). Early strength development in concrete using preformed CSH nano crystals. *Construction and Building Materials*, p.233.
- FLORES, J.; KAMALI, M.; GHAREMANINEZHAD, A. An Investigation into the Properties and Microstructure of Cement Mixtures Modified with Cellulose Nanocrystal. *Materials*, v. 10, n. 5, p. 498–498, 4 maio 2017.
- LIMA, Mailon Aguiar de. Nanocristais de celulose de resíduo de algodão e aplicação em pastas de cimento para poços de petróleo. 2021. Tese (Doutorado) –Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.
- MACHADO, B. A. S. et al. Obtaining nanocellulose from green coconut fibers and incorporation in biodegradable films of starch plasticized with glycerol. *Química Nova*, 2014.
- ONUAGULUCHI, O. et al. Moisture transport and steel rebar corrosion in repair composites incorporating Nano-Fibrillated Cellulose (NFC). *Construction and Building Materials*. v. 309, 2021.
- PARVEEN, Shama et al. A novel approach of developing microcrystalline cellulose reinforced cementitious composites with enhanced microstructure and mechanical performance. *Cement and Concrete Composites*, v. 78, p. 146-161, 2017.
- Pedrosa, H. C., Reales, O. M., Reis, V. D., Paiva, M. D., & Fairbairn, E. M. R. (2020). Hydration of Portland cement accelerated by C-S-H seeds at different temperatures. *Cement and Concrete Research*, p.129.
- QADRI, Faisal; GARG, Nishant. Early-stage performance enhancement of concrete via commercial C-S-H seeds: from lab investigation to field implementation in Illinois, US. *Case Studies in Construction Materials*, v. 19, e02353, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02353>
- SAFANELLI, Nicollas; SCHACKOW, Adilson; MIRANDA, Katiusca; EFFTING, Carmeane; MATOS, Paulo. Efeito da adição de nanocelulose na reologia de pastas de cimento com e sem superplastificante. In: *Simpósio Brasileiro de Ciência do Cimento*, 2023.
- VANIN, D.V.F. et al. Cement pastes modified by cellulose nanocrystals: A dynamic moduli evolution assessment by the Impulse Excitation Technique. *Mater. Chem. Phys*, 2020
- Zheng, S., Zhou, H., Xu, S., Li, Y., Ma, D., Ma, J., & Ran, Q. (2024). Synergistic enhancement of the mechanical properties of cement-based materials by using microcrystalline cellulose and nano-silica composites. *Construction and Building Materials*, v.411.