CAPÍTULO 4

RESISTÊNCIA DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO BABAÇU ALCALINA

Geovana Tayná Silva de Morais[1];

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí.

https://lattes.cnpq.br/2530512747294418

Ilana Maria Rocha Batista[2];

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí.

http://lattes.cnpq.br/5607551430487319

Vilmaria Lima da Silva[3];

Universidade Federal do Piauí (UFPI)Teresina Piauí

https://lattes.cnpq.br/9142341376013255

Érica Karine Alves de Lima[4];

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo.

http://lattes.cnpq.br/8186490901865658

José Rosa de Souza Farias[5];

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí.

http://lattes.cnpq.br/9404467330103347

Luciana Barbosa Amâncio[6];

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí.

http://lattes.cnpq.br/6772113176588028

Aluska do Nascimento Simões Braga[7];

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

http://lattes.cnpq.br/2429557575387821

Valdeci Bosco dos Santos[8].

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí.

http://lattes.cnpq.br/2429557575387821

RESUMO: A indústria da construção enfrenta desafios ambientais, como o consumo excessivo de energia e as emissões globais de CO_2 na produção de cimento. Assim, a busca por novas formulações tem se mostrado uma estratégia promissora para minimizar esses impactos, além da possibilidade de reduzir os custos de produção na construção civil. Neste contexto, fibras naturais são biodegradáveis, não emissão de CO_2, leves e de baixo custo. Tem sido frequentemente usada como possibilidade de reforço mecânico em argamassas. O estudo investigou argamassas cimentícias com FCB (fibras de coco babaçu alcalinas - 0,5%, em adição). Essas argamassas cimentícias foram preparadas de acordo com o traço de 1:3 (cimento/areia) e água/cimento de 0,70. A microestrutura da FCB foi avaliada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). As argamassas foram caracterizadas por consistência de massa e resistência à compressão, aos 28 e 90 dias. MEV indicou superfície rugosa para FCB alcalinas, possibilitando melhor adesão entre fibra-matriz cimentícia. A massa fresca apresentou uma trabalhabilidade de 30,00 ± 1,00 cm. Já a resistência à compressão foi de 14,34 ± 0,49 MPa (28 dias) e 13,19 ± 0,75 MPa (90 dias). Essas argamassas foram classificadas para uso na classe AAE12. FCB oferecem uma solução viável para uma construção sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Fibra de coco babaçu. Argamassa. Tempos de cura. Compressão.

MORTAR RESISTANCE WITH THE ADDITION OF ALKALINE BABASSU COCONUT FIBER

ABSTRACT: The construction industry faces environmental challenges, such as excessive energy consumption and global CO_2 emissions from cement production. Therefore, the search for new formulations has proven to be a promising strategy to minimize these impacts, in addition to the possibility of reducing production costs in civil construction. In this context, natural fibers are biodegradable, have no CO_2 emissions, are lightweight, and low-cost. They have been frequently used as a possible mechanical reinforcement in mortars. This study investigated cementitious mortars with FCB (alkaline babassu coconut fibers - 0.5%, in addition). These cementitious mortars were prepared according to a 1:3 mix (cement/sand) and a water/cement ratio of 0.70. The microstructure of the FCB was evaluated by Scanning Electron Microscopy (SEM). The mortars were characterized by consistency of mass and compressive strength at 28 and 90 days. SEM indicated a rough surface for the alkaline FCB, enabling better adhesion between fiber and cementitious matrix. The fresh mass showed a workability of 30.00 ± 1.00 cm. The compressive strength was 14.34 ± 0.49 MPa (28 days) and 13.19 ± 0.75 MPa (90 days). These mortars have been classified for use in class AAE12. FCB offers a viable solution for sustainable construction.

KEY-WORDS: Babassu coconut fiber. Mortar. Curing times. Compression.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção abrange a execução de uma variedade de obras, como a construção de prédios, residências, instalações industriais e infraestruturas. Desempenha um papel fundamental na economia do país, gerando uma grande quantidade de mão de obra (IBGE, 2024; RAIS, 2023; Fernandes *et al*., 2025).

No entanto, o setor da construção enfrenta desafios como por exemplo, a geração de 8% das emissões globais de CO_2 na produção de cimento (Lopes *et al*., 2023; Chindaprasirt *et al*., 2026). Também produz grandes volumes de resíduos sólidos, além da degradação do solo (Lima, 2024).

Nesse contexto, em escala global, a busca por práticas sustentáveis na indústria da construção tornou-se uma prioridade. Assim, do ponto de vista ambiental relacionado ao setor da construção, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 1) a serem implementados até 2030 (ONU, s.d.): construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação (ODS 9), tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (ODS 11), e garantir padrões de consumo e de produção responsável, incluindo o uso eficiente de recursos naturais (ODS 12).

Figura 1. Metas globais com eixo ambiental dos ODS.



Fonte: Adaptado da ONU, s.d.

O desenvolvimento de produtos sustentáveis e economicamente viáveis, com um menor custo, pode contribuir para a economia circular e a preservação ambiental (Navaneetha *et al*., 2026; Almeida e Colombo, 2021; Kapoor e Rafatullah, 2025; Matos *et al.,* 2021).

Entre as alternativas sustentáveis, a utilização de fibras naturais derivadas de plantas (Figura 2), como bambu (Fadlelmola *et al*., 2021), sisal (Veigas *et al*., 2022), cânhamo (Ezugwu *et al*., 2023), banana (Lamichhane *et al*., 2024), coco (Ahmad *et al*., 2020) e

outras, têm sido frequentemente usadas como possibilidade de reforço mecânico nos mais diversos materiais de construção (argamassa, concreto, tijolos, painéis, dentre outros) à base de cimento (Fadlelmola *et al*., 2021; Dourado *et al*., 2023; Saini *et al*., 2023; Soares *et al*., 2026).

Figura 2. Fibras naturais derivadas de plantas comumente usadas na construção.



Fonte: Adaptado de Saini *et al*., 2023.

Fibras naturais destacam-se por apresentarem vantagens como sua natureza renovável, biodegradabilidade, não emitem CO_2, amplamente disponíveis, alto desempenho mecânico, baixa densidade e custo benefício (Camargo *et al*., 2020; Kumar *et al*., 2024; Veigas *et al*., 2022). Suas características físico-químicas e mecânicas serão determinantes para o material construtivo final (Balaji *et al.*, 2025; Bui *et al.*, 2022).

Estas fibras são capazes de melhorar as propriedades mecânicas de matrizes cimentícias, aumentando sua resistência, ductilidade, elasticidade, durabilidade, por exemplo (Shcherban' *et al.*, 2022). Por outro lado, a presença de grupos OH na estrutura química das fibras naturais estabelece seu caráter hidrofílico, resultando em alta absorção de umidade que pode ser incompatível para a boa ligação com a matriz cimentícia (Camargo *et al*., 2020; Ezugwu *et al*., 2023; Lee e Choi, 2022; Dourado *et al*., 2023; Soares *et al*., 2026). À vista disso, é comum o emprego de tratamentos superficiais (físicos ou químicos) com o intuito de reduzir essa desvantagem (Yimer e Gebre, 2023).

Recentemente, o uso de fibra de coco babaçu tem sido explorado como fonte viável para a produção de materiais compósitos cimentícios. De acordo com Oliveira Junior (2019) e Dourado (2023), as fibras de coco babaçu contribuíram para o aumento de até 46% e 74% da resistência mecânica (28 dias), respectivamente, para o concreto e argamassa.

A palmeira de coco babaçu (*Orbignya phalerata*) (Figura 3) é amplamente cultivada nos estados do Piauí e Maranhão (CONAB, 2022). Seu cultivo é de fundamental importância para as 300.000 mulheres que trabalham como “quebradoras de coco babaçu” nas populações rurais (IBGE, 2023; Sousa; Cordeiro, 2022).

Figura 3. Palmeira do babaçu com cachos do fruto coco babaçu.



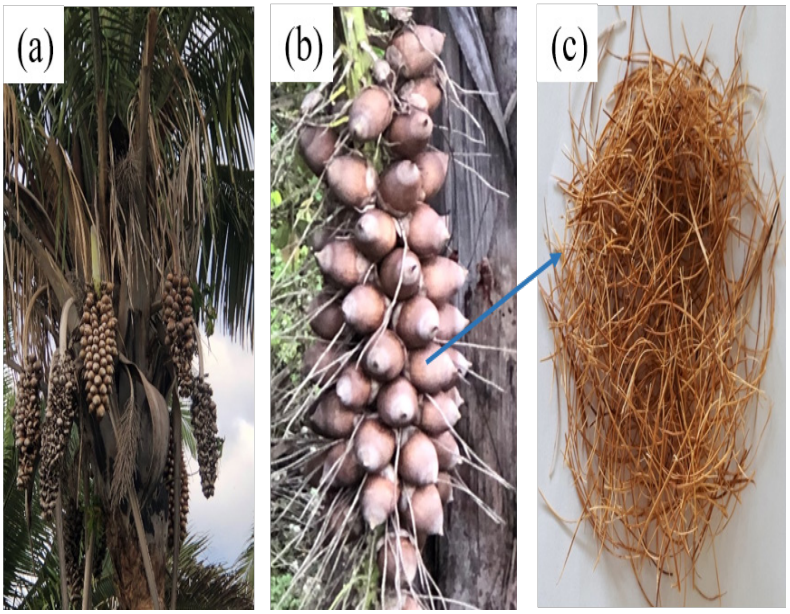
Fonte: Globo Rural, 2023.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados foram as fibras do coco babaçu extraídas da casca (epicarpo), e doados pela Babcoall Inc. do Brasil LTDA associada à Incubadora de Agronegócios da UFPI (INEAGRO), cimento CP II-E 32 (Poty), areia natural e água. Todos adquiridos em Teresina - Piauí.

Para melhorar o desempenho mecânico, as fibras do coco babaçu (FCB) passaram por tratamento com solução de 5% de NaOH por 3 horas, lavada até atingir pH neutro, seca às 60 ºC, conforme indicado por Dourado *et al*., 2023. Essas fibras são mostradas na Figura 4. As mesmas foram caracterizadas superficialmente por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura, Quanta FEG 250 - FEI).

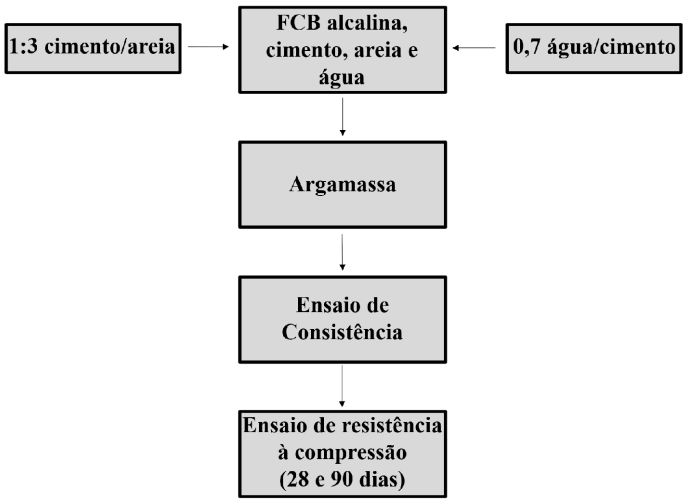
Figura 4. Fibras de coco babaçu alcalina.



Fonte: Autoria própria, 2026.

Foram preparadas argamassas cimentícias com 0,5% de adição de FCB tratada quimicamente, denominadas de MF, seguindo o traço de 1:3 (cimento/areia) e água/cimento de 0,70. Após a mistura da areia, cimento e FCB, foi adicionada toda água para homogeneização da massa. Um resumo da preparação da argamassa está representado na Figura 5. A trabalhabilidade da mistura fresca foi avaliada via ensaio de consistência conforme a ABNT NBR 7215 (2019). A resistência à compressão aos 28 e 90 dias de cura foi avaliada de acordo com a ABNT NBR 16868-2 -Anexo A (2020), a partir da média aritmética de 4 (quatro) corpos de prova cúbicos (40 mm^3). O ensaio foi realizado no equipamento EMIC/PC200C, com aplicação de uma carga de 500 ± 50 N/s.

Figura 5. Fluxograma da preparação das argamassas cimentícias com FCB alcalina.



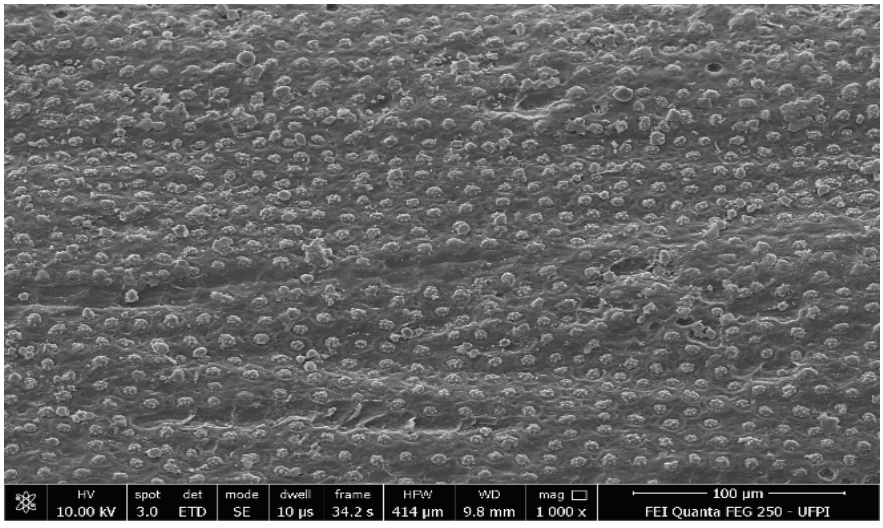
Fonte: Autoria própria, 2026.

Foram preparadas argamassas cimentícias com 0,5% de adição de FCB tratada quimicamente, denominadas de MF, seguindo o traço de 1:3 (cimento/areia) e água/cimento de 0,70. Após a mistura da areia, cimento e FCB, foi adicionada toda água para homogeneização da massa. Um resumo da preparação da argamassa está representado na Figura 5. A trabalhabilidade da mistura fresca foi avaliada via ensaio de consistência conforme a ABNT NBR 7215 (2019). A resistência à compressão aos 28 e 90 dias de cura foi avaliada de acordo com a ABNT NBR 16868-2 -Anexo A (2020), a partir da média aritmética de 4 (quatro) corpos de prova cúbicos (40 mm^3). O ensaio foi realizado no equipamento EMIC/PC200C, com aplicação de uma carga de 500 ± 50 N/s.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na MEV da FCB tratada quimicamente (Figura 6), observa-se a superfície rugosa, indicando a redução de hemicelulose e lignina após o tratamento alcalino. Estes dois constituintes das fibras, são componentes amorfos e com alta afinidade por água. Portanto, o uso do tratamento alcalino possivelmente pode resultar em melhor adesão entre fibra-matriz cimentícia. Conforme Lima *et al*. (2024) nas regiões fibriladas ocorre a penetração do cimento que formam “ganchos” e proporciona hidratação ao compósito. Esse resultado foi semelhante aos observados com as fibras de banana e de coco tratadas alcalinamente (Barrera-Fajardo *et al.,* 2024).

Figura 6. MEV da FCB tratada com NaOH.

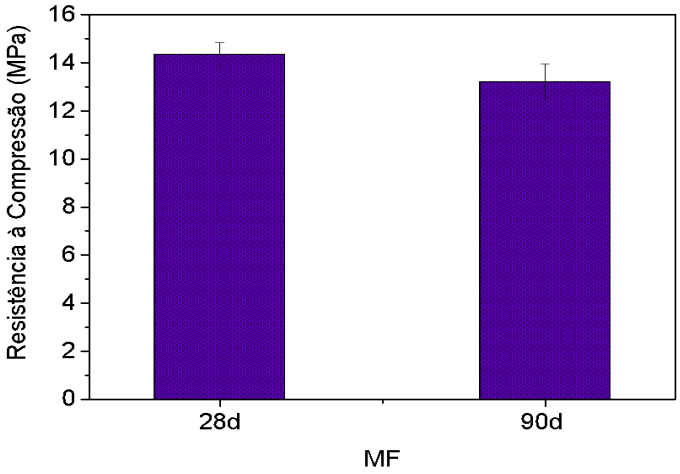


Fonte: Autoria própria, 2026.

A consistência da argamassa é uma propriedade fundamental que impacta sua trabalhabilidade e aplicação. Assim, a MF apresentou 30,00 ± 1,00 cm de consistência de massa. As FCB tratadas, por apresentarem baixos teores de componentes hidrofílicos (hemicelulose e lignina), podem ter contribuído para a boa fluidez da massa.

É conhecido que com o avanço da hidratação ao longo do tempo de cura, a reação pozolânica tende a ser mais intensificada, contribuindo para o aumento das características mecânicas (Abderraouf Belkadi *et al.*, 2024; Reis e Calado, 2023; Kounnavong e Iwanami, 2026). A Figura 7 apresenta a resistência à compressão aos 28 e 90 dias das MF. Observa-se que houve um ligeiro melhor desempenho mecânico para a MF aos 28 dias (14,34 ± 0,49 MPa) de cura, comparativamente aos 90 dias (13,19 ± 0,75 MPa).

Figura 7. Resistência à compressão das MF aos 28 e 90 dias.



Fonte: Autoria própria, 2026.

Possivelmente, as FCB tratadas com NaOH presentes nas argamassas, as quais foram expostas ao processo de cura de 90 dias, tenham absorvido ligeiramente algum teor de água durante esse longo prazo de cura. Isto poderia causar o enfraquecimento da área interfacial entre as FCB e a matriz cimentícia, resultando em uma suave menor resistência mecânica (Jamshaid *et al.*, 2023)**.** Ressalta se que o fato das FCB serem tratadas quimicamente (Figura 6), e que, portanto, com menor teor de constituintes (hemicelulose e lignina) hidrofílicos, contribuiu para que o declínio na resistência mecânica das MF aos 90 dias de cura, tenha sido muito sutil.

Após a análise dos resultados mecânicos, verificou-se que as argamassas em estudo podem ser destinadas ao assentamento de unidades de alvenaria estrutural (AAE), de acordo com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 13281-2 (2023). Assim, independente do tempo de cura, as argamassas exibiram possíveis uso na classe AAE12 (12,0 MPa ≤ x < 16,0 Mpa).

CONCLUSÃO

Neste presente trabalho, investigou-se o potencial de argamassas cimentícias reforçadas por FCB alcalinas (0,5%, em adição), aos 28 e 90 dias de cura. Em relação à massa

fresca, a MF atingiu uma consistência de valor igual a 30,00 ± 1,00 cm. Comparativamente aos 90 dias de cura (13,19 ± 0,75 MPa), a MF apresentou um ligeiro aumento em sua resistência à compressão (14,34 ± 0,49 MPa) aos 28 dias. Isso pode ser atribuído a uma melhor adesão interfacial entre as FCB tratadas com NaOH e a matriz cimentícia, em virtude de menor teor de absorção de água por estas fibras durante esse curto prazo de cura (28 dias). Independente do tempo de cura, as MF atenderam à NBR 13281-2:2023 na classe AAE12. Portanto, os resultados contribuem significativamente para o avanço de práticas de construção civil mais sustentáveis.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, político, acadêmico e pessoal.

REFERÊNCIAS

ABDERRAOUF BELKADI, A. *et al.* Experimental investigation into the potential of recycled concrete and waste glass powders for improving the sustainability and performance of cement mortars properties. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 64, p. 103710, abr. 2024.

AHMAD, W. *et al.* Effect of Coconut Fiber Length and Content on Properties of High Strength Concrete. **Materials,** v. 13, n. 5, p. 1075, 28 fev. 2020.

ALMEIDA, M. A. DE; COLOMBO, R. Construction of green roofs via using the substrates made from humus and green coconut fiber or sugarcane bagasse. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 22, p. 100477, set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13281-2**: Argamassas inorgânicas: Requisitos e métodos de ensaios – Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-2**: Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 12 p.

BALAJI, D. *et al.* A review on effect of nanoparticle addition on thermal behavior of natural fiber–reinforced composites**. Heliyon,** v. 11, n. 1, p. e41192, jan. 2025.

BARRERA-FAJARDO, I.; RIVERO-ROMERO, O.; UNFRIED-SILGADO, J. Investigation of the Effect of Chemical Treatment on the Properties of Colombian Banana and Coir Fibers and Their Adhesion Behavior on Polylactic Acid and Unsaturated Polyester Matrices. **Fibers,**

v. 12, n. 1, p. 6, 3 jan. 2024.

BUI, H. *et al.* Hydration characteristics of coconut fibre-reinforced mortars containing CSA and Portland cement. **Journal of Material Cycles and Waste Management,** v. 24, n. 4, p. 1295–1303, 13 jul. 2022.

CAMARGO, M. *et al.* A Review on Natural Fiber-Reinforced Geopolymer and Cement-Based Composites. **Materials,** v. 13, n. 20, p. 4603, 16 out. 2020.

CHINDAPRASIRT, P. *et al.* Upcycling industrial waste into zero-clinker alkali-activated binders for low-carbon construction**. iScience,** v. 29, n. 4, 17 abr. 2026.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Sociobiodiversidade**. Brasilia, v. 6, n. 1, p. 1-36, 2022.

DOURADO, J. B. DE O. L. *et al.* Babassu Fibers as Green Mortar Additives. **Journal of Natural Fibers,** v. 20, n. 2, 2023.

EZUGWU, E. K.; CALABRIA-HOLLEY, J.; PAINE, K. Physico-mechanical and morphological behavior of hydrothermally treated plant fibers in cementitious composites. **Industrial Crops and Products,** v. 200, p. 116832, set. 2023.

FADLELMOLA, A. B. F A. *et al.* Experimental investigation and design method on a lightweight bamboo-concrete sandwich panel under bending load. **Structures,** v. 34, p. 856–874, 2021.

FERNANDES, E. F. DOS S. *et al.* Efeito combinado de fibras naturais e resíduos pozolânicos no desenvolvimento de compósitos cimentícios sustentáveis: uma revisão de literatura. **Cerâmica industrial,** v. 30, p. e00032025, 2025.

GLOBO RURAL, 2023. **Pesquisa desenvolve primeira bebida e queijo à base de coco-babaçu do Brasil.** Disponível em: https://globorural.globo.com/inovacao/noticia/2023/04/pesquisa-desenvolve-primeira-bebida-e-queijo-a-base-de-coco-babacu-do-brasil.ghtml. Acesso em: 14 de março de 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2024. **Brasil - PIB Taxa de Crescimento Anual 2024**. Disponível em: https://pt.tradingeconomics.com/brazil/gdp-growth-annual. Acesso em: 29 de março de 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2023. **Produção de babaçu.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/babacu/ma. Acesso em: 15 de março de 2026.

JAMSHAID, H. *et al.* Durability and Accelerated Ageing of Natural Fibers in Concrete as a Sustainable Construction Material. **Materials,** v. 16, n. 21, p. 6905, 27 out. 2023.

KAPOOR, R. T.; RAFATULLAH, M. Valorization of industrial and agro-wastes for production of green construction materials: an innovative circular economy approach. *In*: Recent Developments and Innovations in the Sustainable Production of Concrete. **Elsevier,** 2025. p. 3–24.

KOUNNAVONG, B.; IWANAMI, M. Effect of curing age and water-cement ratio on the mechanical behavior of concrete under high water pressure. **Materials Today Communications,** p. 114690, fev. 2026.

KUMAR, S. S. *et al.* Mechanical (static and dynamic) characterization and thermal stability of hybrid green composites for engineering applications. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 30, p. 7214–7227, 2024.

LAMICHHANE, N.; LAMICHHANE, A.; GYAWALI, T. R. Enhancing mechanical properties of mortar with short and thin banana fibers: A sustainable alternative to synthetic fibers. **Heliyon,** v. 10, n. 10, p. e30652, maio 2024.

LEE, G.-W.; CHOI, Y.-C. Effect of abaca natural fiber on the setting behavior and autogenous shrinkage of cement composite. **Journal of Building Engineering**, v. 56, p. 104719, set. 2022.

LIMA, R. R. F. DE. Produtos ecológicos para a Indústria da Construção Civil. **Cerâmica industrial,** v. 29, p. e0529, 2024.

LIMA, T. E. S. DE *et al*. Potentiality of using guarumã natural fiber (Ischinosiphon koern) in sustainable coating mortars. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 30, p. 1301–1309, maio 2024.

LOPES, M. A. P. *et al.* **Uso do biocarvão da casca de arroz em pastas de baixa relação água x cimento para captura de CO_2.** In: Encontro Latino Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 5., 2023. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/3266. Acesso em: 19 de março de 2026.

MATOS, W. E. DE C. *et al.* Utilização de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material de preenchimento estrutural ou pozolânico para a produção de argamassas cimentícias: uma revisão. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 26, n. 4, 2021.

Ministério do Trabalho e Emprego. Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) 2023. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/estatisticas-trabalho/rais/rais-2023. Acesso em: 10 de abril de 2026.

NAVANEETHA, E.; RAO, P. N.; BAHURUDEEN, A**.** Waste glass in cementitious materials: Applications, properties, and performance in construction and infrastructure. **Progress in Engineering ScienceElsevier** B.V. 3, p. 100223 1 mar. 2026.

OLIVEIRA JUNIOR, W. A. O. **Desempenho mecânico de concreto sustentáveis incorporando fibra de coco babaçu**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. [s.l.]: ONU, [s.d.]. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 20 de abril de 2026.

REIS, E. B. R.; CALADO, C. R. Estudo da viabilidade da substituição do agregado miúdo. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 15, n. 4, 2023.

SAINI, K.; MATSAGAR, V.; KODUR, V. Recent Advances in the Use of Natural Fibers in Civil Engineering Structures. **Construction and Building Materials,** v. 411, p. 134364, 6 dez. 2023.

SHCHERBAN', E. M. *et al.* Normal-Weight Concrete with Improved Stress–Strain Characteristics Reinforced with Dispersed Coconut Fibers. **Applied Sciences,** v. 12, n. 22, p. 11734, 18 nov. 2022.

SOARES, E. N. C. *et al.* Interfacial behavior and mechanical and microstructural properties of cement-based composites reinforced with banana, eucalyptus and sisal fibers. **Construction and Building Materials,** v. 507, 17 jan. 2026.

VEIGAS, M. G.; NAJIMI, M.; SHAFEI, B. **Cementitious composites made with natural fibers: Investigation of uncoated and coated sisal fibers.** Case Studies in Construction Materials, v. 16, p. e00788, 2022.

YIMER, T.; GEBRE, A. Effect of Fiber Treatments on the Mechanical Properties of Sisal Fiber-Reinforced Concrete Composites**. Advances in Civil Engineering,** v. 2023, p. 1–15, 2023.