XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8770

Análise da influência do emprego de cinza do bagaço da cana-de-açúcar na ocorrência de eflorescências em argamassas

Analysis of the influence of the use of sugarcane bagasse ash on the occurrence of efflorescence in mortars

Júlia Cássia do Nascimento
UTFPR | Apucarana - PR | Brasil | juliacassia@alunos.utfpr.edu.br
Larissa Vitoria Motta de Almeida
UTFPR | Apucarana - PR | Brasil |larissavitoriaalmeida@alunos.utfpr.edu.br
Sarah Honorato Lopes da Silva Tamura
UTFPR | Apucarana - PR | Brasil | sarahh@utfpr.edu.br

Resumo

As eflorescências são uma manifestação patológica recorrente em argamassas de revestimento, caracterizada pela formação de depósitos salinos esbranquiçados na superfície dos substratos. Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de argamassas com adição e substituição parcial do cimento por cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC), visando avaliar sua capacidade de contribuir para a mitigação da manifestação patológica em questão. Inicialmente, a CBC foi caracterizada por ensaios de FRX e MEV, que indicaram elevado teor de sílica e potencial pozolânico. Para avaliar sua influência, foram realizados os ensaios de absorção de água por capilaridade e o ensaio acelerado do “COPO” durante 56 dias, com registros fotográficos periódicos. As imagens foram tratadas no software MATLAB para quantificar a área eflorescida. Os resultados mostraram que, apesar dos indícios de reatividade pozolânica da CBC, seu uso não apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação ao traço de referência. Conclui-se que a CBC possui potencial como adição mineral em argamassas, porém são necessários estudos complementares para confirmar sua real eficácia no controle das eflorescências.
Palavras-chave: Argamassas. Eflorescência. Cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

Abstract

Efflorescence is a recurring pathological manifestation in rendering mortars, characterized by the formation of whitish saline deposits on the surface of the substrates. This work aimed to analyze the behavior of mortars with the addition and partial replacement of cement with sugarcane bagasse ash (SBA), in order to evaluate their ability to contribute to the mitigation of this pathological manifestation. Initially, SBA was characterized by XRF and SEM tests, which indicated a high silica content and pozzolanic potential. To evaluate its influence, water absorption by capillarity tests and the accelerated "COPO" test was performed for 56 days, with periodic photographic records. The images were processed using MATLAB software to quantify the efflorescent area. The results showed that, despite indications of pozzolanic reactivity of SBA, its use did not present statistically significant differences in relation to the reference mix. It is concluded that CBC has potential as a mineral additive in mortars, but further studies are needed to confirm its actual effectiveness in controlling efflorescence.
Keywords: Mortars. Efflorescence. Ash from sugarcane bagasse.

NASCIMENTO, J.C ; ALMEIDA, L.V.M ; TAMURA, S. H. L. S. Análise da influência do emprego de cinza do bagaço da cana-de-açúcar na ocorrência de eflorescências em argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8770

INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico global, sendo indispensável o controle rigoroso de todos os processos executivos e a adequada seleção dos materiais empregados [1]. Nesse sentido, a caracterização das propriedades dos materiais por meio de ensaios laboratoriais permite compreender seu comportamento ao longo do tempo e identificar processos de degradação e manifestações patológicas [2].

Entre os materiais empregados na construção civil, destacam-se as argamassas. Em razão de sua ampla utilização em diferentes etapas construtivas, o controle de sua qualidade é indispensável, visto que desvios na dosagem ou na aplicação comprometem sua funcionalidade e durabilidade [3]. Esse comprometimento pode favorecer o surgimento de eflorescências, manifestações patológicas caracterizadas pela deposição de sais cristalizados na superfície dos revestimentos, intimamente associadas à combinação de sais solúveis, água e lixiviação sob pressão hidrostática [4]. A umidade constitui o principal vetor de transporte de íons solúveis na matriz. A eflorescência transcende o mero prejuízo estético; quando a evaporação da solução salina ocorre no interior do sistema de poros (criptoflorescência), a pressão de cristalização dos sais excede a resistência à tração da matriz cimentícia, desencadeando tensões expansivas que culminam em microfissuração, desagregação progressiva e perda de aderência do revestimento argamassado [4][5]. Diante da dificuldade de tratamento posterior, torna-se essencial o desenvolvimento de métodos preventivos eficazes para garantir a durabilidade e a segurança estrutural das edificações [6].

Nesse contexto, o uso de adições minerais em argamassas surge como alternativa promissora, pois promove alterações microestruturais benéficas que reduzem a porosidade e a entrada de água na matriz [7]. Entre os resíduos com potencial destaca-se a cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC). Devido ao elevado teor de sílica, a cinza apresenta atividade pozolânica, o que contribui para o desempenho mecânico das argamassas [8] e favorece sua destinação nobre a esse subproduto agroindustrial [9].

Embora ainda sejam escassos os estudos que relacionam diretamente a CBC à mitigação das eflorescências, pesquisas recentes apontam resultados promissores quanto à sua aplicação em materiais cimentícios [10][11][12]. Torres *et al.* [8] verificaram elevado teor de sílica e potencial pozolânico da CBC, enquanto Thomas *et al.* [13] destacam que o desempenho desse material depende fortemente de sua granulometria e grau de processamento. Malkapuram *et al.* [10] observaram que materiais incorporando resíduos ricos em sílica podem apresentar alterações significativas na absorção de água e na durabilidade, parâmetros diretamente relacionados ao desenvolvimento das eflorescências. Entretanto, ainda não há consenso sobre a influência da CBC na formação dessa manifestação patológica, especialmente quando utilizada sem tratamentos prévios de moagem ou controle granulométrico, evidenciando a necessidade de investigações complementares.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar em argamassas de revestimento, analisando seu potencial na mitigação e no controle da ocorrência das eflorescências.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

MATERIAIS

Para a pesquisa em questão, foram confeccionadas 15 amostras no traço 1:1:6 (volume) com fator água/materiais secos de 0,19 [14]. Utilizou-se Cimento CPV-ARI,

Cal CH-III e areia média, com adição de corante inerte preto (15ml) para contraste visual [14]. A distribuição das amostras foi feita conforme o Quadro 1:

Quadro 1: Códigos e formulações estudadas

Código	Materiais Constituintes	Quantidade de Amostras
REF	Cimento, cal, areia e água	3
ADC10	Cimento, cal, areia, água e 10% de adição de CBC	3
ADC20	Cimento, cal, areia, água e 20% de adição de CBC	3
SBC10	Cimento, cal, areia, água e substituição de 10% do cimento por CBC	3
SBC20	Cimento, cal, areia, água e substituição de 20% do cimento por CBC	3

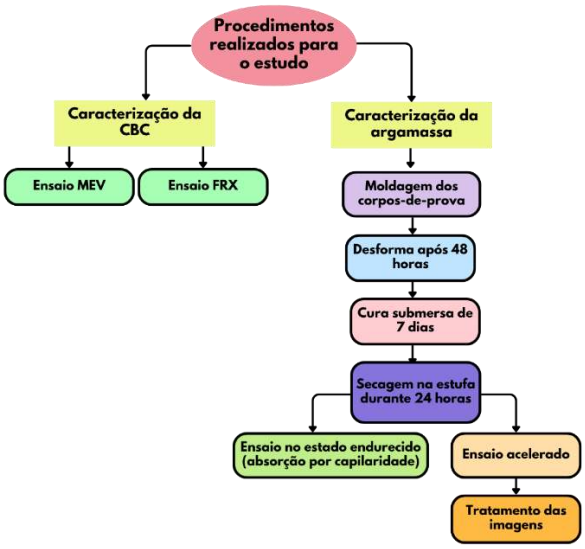
Fonte: as autoras.

A cinza do bagaço da cana-de-açúcar empregada é subproduto da usina sucroalcooleira Santa Maria, localizada no distrito de Iguatemi, em Maringá/PR. O material foi submetido ao processo de peneiramento, eliminando toda a fração retida na peneira de abertura nominal de 0,150 mm.

MÉTODOS

O procedimento de mistura adotado foi o prescrito pela NBR 16541 [15], no qual os materiais secos foram homogeneizados inicialmente e o corante, por ser líquido, foi adicionado à primeira parcela da água de amassamento. O estudo seguiu o fluxo experimental esquematizado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama da metodologia



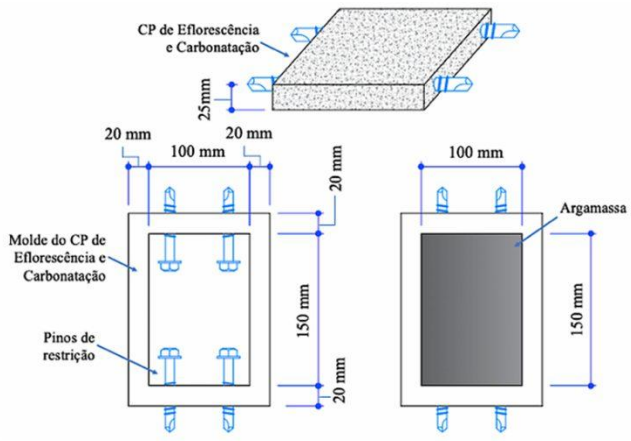
Fonte: as autoras.

Inicialmente, a CBC foi caracterizada por Fluorescência de Raios X (FRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Posteriormente, foram moldadas três amostras de argamassa para cada um dos cinco traços propostos, totalizando quinze corpos-de-prova.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8770

O molde utilizado para a moldagem foi o mesmo de Lopes da Silva [14] e suas dimensões são demostradas na Figura 2:

Figura 2: Representação do molde dos CP's

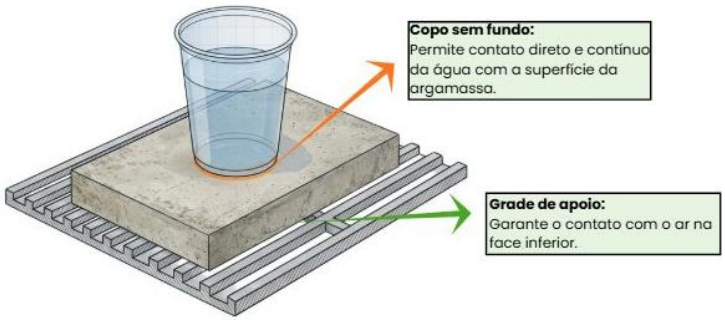


Fonte: Lopes da Silva [14].

Após moldados, os CP's foram submetidos a 7 dias de cura submersa e 24 horas de secagem em estufa. Posteriormente, foi realizada a caracterização da argamassa no estado endurecido quanto à absorção por capilaridade, seguindo a norma NBR 9779 [16], na qual as amostras tiveram a face inferior do corpo de prova, em orientação longitudinal, exposta a uma lâmina d'água constante, e foram pesadas depois de 3h, 6h e 24h. O ganho de massa foi monitorado por meio de pesagens periódicas, permitindo avaliar a influência da CBC na porosidade e no transporte de água nas argamassas.

Em seguida, foi realizado o ensaio acelerado, que utilizou o método acelerado "DO COPO", desenvolvido por De Bem [17] e adaptado por Lourenço [18], que simula as condições reais e críticas de umidade, com o intuito de ocasionar de forma mais rápida o aparecimento das eflorescências. O ensaio foi realizado durante um período de 56 dias e foi desenvolvido conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3: Representação do ensaio acelerado "DO COPO"

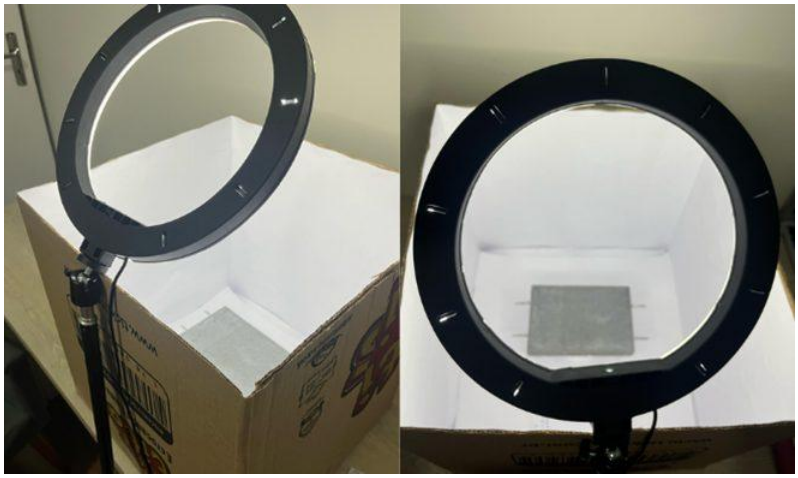


Fonte: Elaborado pelas autoras com base em De Bem [17] e Lourenço [18], com representação gráfica gerada por auxílio de IA generativa.

Simultaneamente ao ensaio foram feitos registros fotográficos das amostras no 1°, 3° e 7° dia de ensaio e depois de 7 em 7 dias até o ensaio completar 56 dias. Para a padronização das imagens, foi confeccionado um mini estúdio com caixa de papelão, cartolina branca e uma *ring-light*. Ademais, todas as fotos foram tiradas do mesmo

smartphone, colocado a 30 cm das placas e sem o uso de flash. O mini estúdio confeccionado é demonstrado na Figura 4.

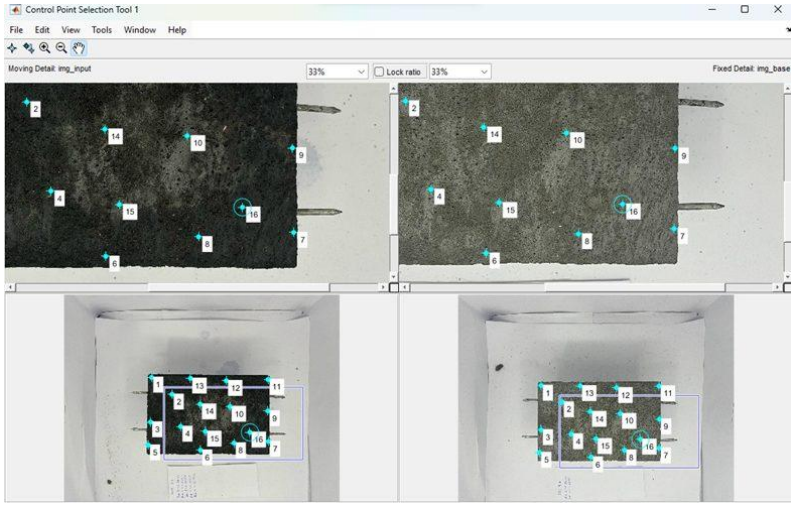
Figura 4: Mini estúdio confeccionado



Fonte: as autoras.

Posteriormente, os registros fotográficos foram analisados através do software MATLAB (Figura 5), permitindo quantificar a área afetada e avaliar o desempenho da CBC na mitigação da manifestação patológica.

Figura 5: Tratamento via MATLAB



Fonte: as autoras.

Após o procedimento, os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística pelo método de análise de variância (ANOVA).

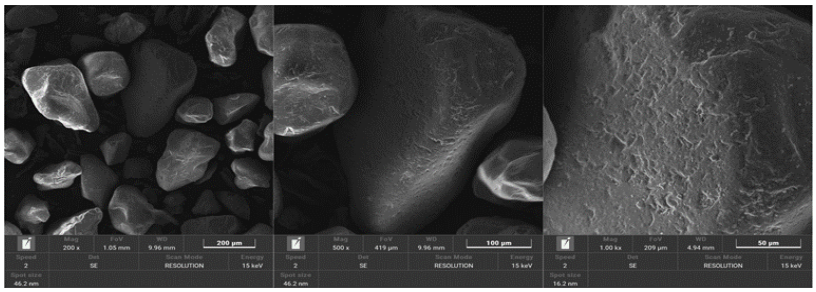
RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO DA CINZA: MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

As amostras de CBC foram analisadas utilizando o MEV em diferentes ampliações, variando de 200x a 25.000x, e as imagens foram obtidas sem tratamento químico

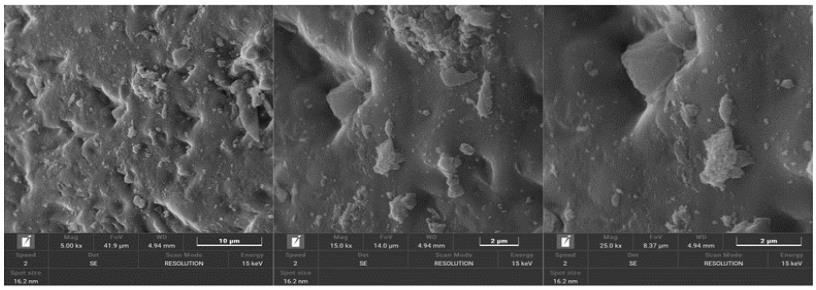
prévio, buscando representar o estado natural do material. Os resultados encontrados pelo ensaio são apresentados nas Figuras 6 e 7:

Figura 6: MEV da CBC com ampliações de 200x, 500x e 1.000x.



Fonte: LabMulti UTFPR-LD.

Figura 7: MEV da CBC com ampliações de 5.000x, 15.000x e 25.000x



Fonte: LabMulti UTFPR-LD.

Com base em critérios visuais, percebe-se a partir das imagens que a cinza estudada apresenta superfície rugosa e irregular, características que podem influenciar a interação com a matriz cimentícia. Suas partículas possuem formato irregular, o que favorece a aderência mecânica à matriz cimentícia. Observa-se ainda a presença de aglomerados e microfissuras, que podem contribuir para o desempenho mecânico, além de indícios de material amorfo, característica desejável em materiais com potencial pozolânico.

CARACTERIZAÇÃO DA CINZA: FLUORESCÊNCIA DE RAIO-X (FRX)

A análise química da CBC foi realizada por meio do ensaio de Fluorescência de Raio-X (FRX), com o objetivo de identificar os óxidos presentes na amostra e avaliar seu potencial de aplicação como material pozolânico. A identificação e quantificação dos elementos permitem verificar a conformidade da CBC com a NBR 12653 [19], que define os pré-requisitos químicos e físicos necessários para a caracterização do material como pozolana.

Os resultados obtidos no ensaio de FRX realizado na CBC utilizada na pesquisa são apresentados na Figura 8:

Figura 8 - Resultados do FRX da CBC

Compound	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	V2O5	Cr2O3	MnO	Fe2O3
Conc	2.175	86.115	1.809	0.411	0.026	2.513	1.501	1.995	0.035	0.059	0.057	3.220
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	NiO	CuO	ZnO	SrO	ZrO2	SnO2	TeO2	Eu2O3	Yb2O3	OsO4	Re
Conc	0.000	0.006	0.005	0.003	0.040	0.007	0.006	0.014	0.002	0.001	0.000
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Fonte: LAMAP UTFPR-AP.

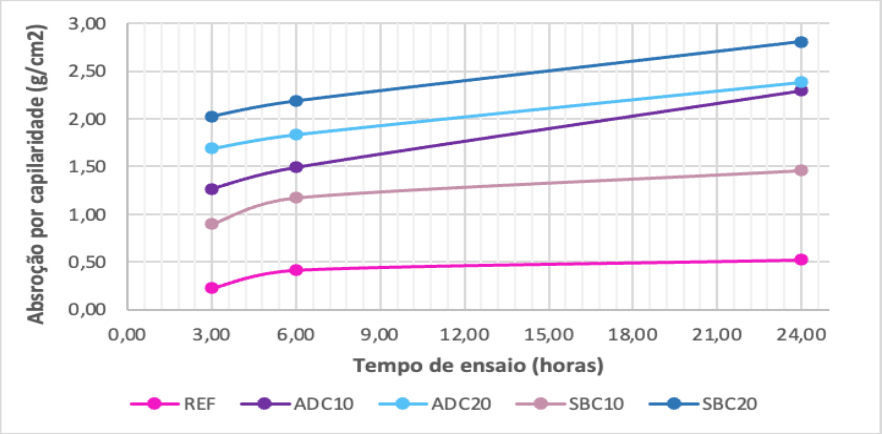
Com base nas especificações da norma, percebe-se que os resultados obtidos pelo FRX indicam que a CBC utilizada na pesquisa apresenta uma composição química compatível com as características de um material pozolânico, sendo, portanto, uma opção para a substituição parcial do cimento. Entretanto, é importante ressaltar que o FRX identifica e quantifica os óxidos presentes, indicando o potencial pozolânico, mas não comprova a reatividade real do material. Dessa forma, para que esse indicativo seja de fato comprovado, seria necessário que a CBC atendesse a todos os requisitos físicos e químicos estabelecidos pela NBR 12653 [19]. Com isso, ressalta-se a importância de realizar mais ensaios de caracterização em pesquisas futuras.

CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA: ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE

O ensaio de Absorção por Capilaridade foi realizado conforme a NBR 9779 [16], com o objetivo de avaliar a absorção de água por ação capilar, propriedade diretamente relacionada à porosidade e à conectividade dos poros da matriz. Assim, o ensaio fornece informações relevantes sobre a permeabilidade do material.

A Figura 9 apresenta os resultados médios dos cinco traços avaliados. De modo geral, o traço de referência (REF) apresentou os menores índices de absorção, enquanto os traços contendo CBC apresentaram valores superiores ao longo do ensaio. A análise estatística por ANOVA indicou diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), com exceção das argamassas com adição de cinza após 24 horas, evidenciando a influência da CBC na absorção capilar.

Figura 9: médias dos resultados de absorção por capilaridade



Fonte: as autoras.

O menor índice de absorção do REF indica uma matriz mais densa. Os traços com CBC apresentaram maior absorção, associada à morfologia irregular das partículas observadas no MEV e à limitada atividade pozolânica nas idades iniciais. Como a

reação pozolânica da CBC é lenta [20], seu uso sem moagem prévia ou controle granulométrico adequado compromete o empacotamento das partículas. Dessa forma, a CBC com granulometria entre 75 e 150 µm atuou predominantemente como agregado fino poroso, favorecendo a percolação de água por meio de canais capilares, corroborando a análise de outros pesquisadores [13].

ENSAIO DE EFLORESCÊNCIA ACELERADO: "O COPO"

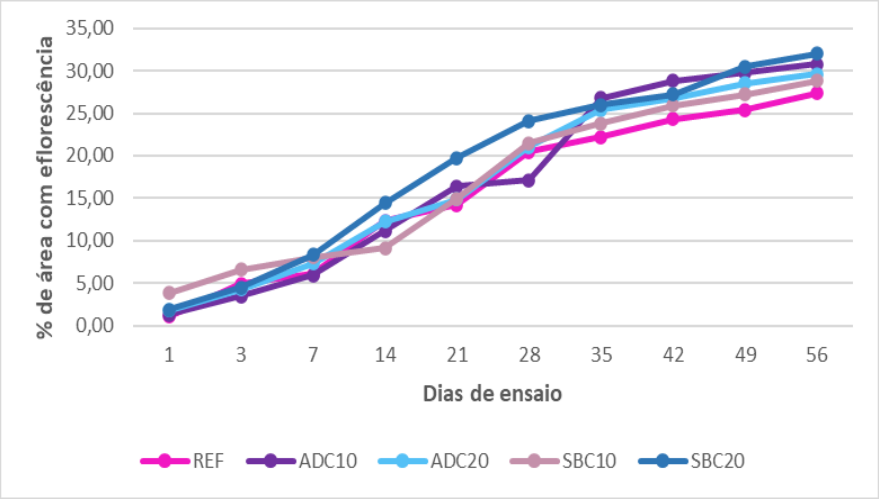
Os resultados obtidos através do ensaio acelerado do "COPO" são demonstrados na Tabela 1 e na Figura 10:

Tabela 1: Média dos resultados de % de área eflorescida por traço

Dias	REF	ADC10	ADC20	SBC10	SBC20
1	1,06	1,26	1,77	3,82	1,87
3	4,92	3,48	4,23	6,60	4,44
7	6,09	5,90	7,34	8,00	8,29
14	12,34	11,16	12,21	9,15	14,40
21	14,17	16,37	14,87	14,93	19,77
28	20,47	17,11	21,02	21,48	24,09
35	22,24	26,77	25,41	23,83	25,96
42	24,29	28,82	26,75	25,93	27,20
49	25,37	29,75	28,49	27,21	30,50
56	27,39	30,80	29,59	28,82	32,04

Fonte: as autoras.

Figura 10: Porcentagem de área eflorescida por traço



Fonte: As autoras.

Com base na Tabela 1 e na Figura 10, observa-se que todas as formulações de argamassa apresentaram aumento progressivo da área eflorescida ao longo do tempo. O crescimento foi mais acentuado até aproximadamente 28 dias, seguido por tendência de estabilização nas idades mais avançadas.

A argamassa de referência (REF) apresentou comportamento intermediário durante o período analisado, sendo superada pelos traços com adição de CBC. Entre eles, o traço com 10% de adição (ADC10) destacou-se por apresentar os maiores percentuais de área eflorescida a partir dos 21 dias, mantendo crescimento contínuo até a idade final de ensaio. O traço ADC20 apresentou comportamento semelhante ao ADC10, indicando que o aumento do teor de CBC não intensificou proporcionalmente as eflorescências.

Nos traços com substituição parcial do cimento pela CBC, observou-se um comportamento distinto. O traço SBC20 apresentou os maiores valores finais de área eflorescida, indicando maior suscetibilidade ao fenômeno. Em contrapartida, o traço SBC10 apresentou evolução mais gradual nas idades iniciais, seguida por um aumento mais expressivo nas idades posteriores, aproximando-se dos resultados obtidos para os demais traços.

Apesar dessas diferenças, os percentuais de área eflorescida permaneceram relativamente próximos ao longo de todo o período experimental. Essa observação é corroborada pela análise de variância (ANOVA), cujos resultados demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre as idades de ensaio, com valores de p inferiores a 0,05, confirmando que a área eflorescida variou de forma relevante ao longo do tempo, mas não houve diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes traços avaliados.

Os resultados do ensaio de eflorescência apresentaram comportamento compatível com as tendências observadas na absorção por capilaridade, uma vez que os traços contendo CBC apresentaram, em geral, maiores índices de absorção quando comparados ao traço de referência. Esse comportamento sugere uma maior conectividade dos poros da matriz cimentícia e, consequentemente, maior potencial de transporte dos sais solúveis envolvidos na formação das eflorescências. Entretanto, a análise estatística não identificou diferenças significativas entre os tratamentos para a área eflorescida, indicando que o aumento da absorção capilar não se refletiu, necessariamente, em maior ocorrência do fenômeno nas condições avaliadas.

Embora a CBC apresente potencial pozolânico, evidenciado por sua composição química, seus efeitos tendem a se manifestar em idades mais avançadas devido à sua reatividade relativamente lenta [19]. Dessa forma, os benefícios associados ao refinamento da estrutura porosa podem não ter sido plenamente desenvolvidos durante os 56 dias de ensaio. Esse aspecto pode explicar a semelhança observada entre os traços e reforça a necessidade de estudos de maior duração para avaliar de forma mais abrangente a influência da CBC sobre a formação de eflorescências em argamassas cimentícias.

CONCLUSÃO

Com base na caracterização da cinza, os resultados indicam que a CBC utilizada apresenta indícios de potencial pozolânico. No entanto, sua reatividade não pode ser totalmente confirmada, uma vez que a cinza ainda precisa atender a outros requisitos estabelecidos pela NBR 12.653 [18], que exigem a realização de ensaios complementares.

Além disso, conclui-se que a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral ou substituição parcial do cimento é estatisticamente viável sob a ótica da eflorescência. A análise de variância (ANOVA) confirmou que, ao nível de significância adotado (p≥0,05), as variações na área eflorescida entre os diferentes traços (com adição ou substituição de 10% e 20% de CBC) e o traço de referência não são estatisticamente significativas. Portanto, a incorporação da CBC não intensificou significativamente o fenômeno nos 56 dias avaliados, atuando predominantemente como agregado fino inerte, o que indica que sua atividade pozolânica tardia não foi plenamente desenvolvida ou captada na idade do ensaio.

Dessa forma, como plano de ação, sugere-se a otimização do teor de substituição, priorizando faixas que minimizem a eflorescência, a caracterização físico-química detalhada da cinza, especialmente quanto à sua reatividade pozolânica, a avaliação de tratamentos prévios da cinza (como moagem ou queima controlada) visando melhorar seu desempenho.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação Araucária pela concessão de bolsa de iniciação científica, ao Laboratório Multiusuário da UTFPR, campus Londrina, pela execução do MEV, e aos Laboratórios Multiusuário (LAMAP) e de Materiais e Práticas Construtivas da UTFPR, campus Apucarana, pela realização do FRX e demais ensaios, respectivamente.

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram o a ferramenta GPT-5.5 para melhoria de coesão textual e para geração de imagem. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] LISBOA, E. D. S.; ALVES, E. D. S.; MELO, G. H. A. G. **Materiais de construção:** concreto e argamassa. 2. ed. Porto Alegre: Sagah, 2017.

[2] SILVA, L. A. *et al*. **Controle Tecnológico do Concreto: A sua importância na Construção Civil.** 2022. Disponível em: https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/975433ed-54ef-4b8a-b848-d08f7179e90d/content. Acesso em: 11 jun. 2026.

[3] WEIMER, B. F.; THOMAS, M.; DRESCH, F. **Patologia das estruturas**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

[4] CARASEK, H. **Patologia das argamassas de revestimento**. 2011. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil – PPG-GECON, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

[5] SOUSA, M. V. S**. Manifestações patológicas na construção civil: revisão bibliográfica para identificação de problemas e estratégias para preservação.** Trabalho de conclusão de curso - curso de engenharia civil da universidade estadual do maranhão, Bacabal/MA, 2025.

[6] BESSA, R. C.; CODES, R. N. **Análise bibliográfica referente às eflorescências e formas de mitigação do fenômeno**. Trabalho de conclusão de curso (graduação interdisciplinar em ciência e tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, 2021.

[7] HOPPE FILHO, J. *et al.* Ataque de matrizes cimentícias por sulfato de sódio: adições minerais como agentes mitigadores. **Cerâmica**, n. 61, p. 168-177, 2015.

[8] TORRES, S. M. *et al.* Assessing the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash using X-ray diffraction. **Construction and Building Materials,** v. 264, p. 120684, 2020.

[9] ROCHA, A. K. A. *et al.* Estudo da Carbonatação Acelerada em Argamassas do CAA com Elevados Teores de Adições Minerais. **RCT – Revista de ciência e tecnologia**, v. 7, 2021.

[10] MALKAPURAM, D. et al. Mechanical, water absorption, efflorescence, soundness and morphological analysis of hybrid brick composites. Revista Matéria, v. 29, n. 3, 2024.

[11] MAZA-IGNACIO, O. T.; JIMÉNEZ-QUERO, V. G.; GUERRERO-PAZ, J. Recycling untreated sugarcane bagasse ash and industrial wastes for the preparation of resistant, lightweight and ecological fired bricks. **Construction and Building Materials** (234), 2020.

[12] SALEEM, M. A.; KAZMI, S. M. S.; ABBAS, S. Clay bricks prepared with sugarcane bagasse and rice husk ash – A sustainable solution. ASCMCES-17, **Matec Web of Conferences** 20, 2017.

[13] THOMAS, B. S.; YANG, J.; BAHURUDEEN, A.; ABDALLA, J. A.; HAWILEH, R. A.; HAMADA, H. M.; NAZAR, S.; JITTIN, V.; ASHISH, D. K. Sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in concrete – a review. **Materials Today Sustainability**, v. 15, art. 100086, 2021.

[14] LOPES DA SILVA, S. H. **Avaliação do ciclo de vida de argamassas de revestimento com parâmetros de carbonatação e eflorescência.** Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

[15] ABNT. **ABNT NBR 16541:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

[16] ABNT. **ABNT NBR 9779:** Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

[17] DE BEM, D. H. **Efeito da adição de pozolanas e da cal hidratada na incidência de eflorescência medida através de ensaios acelerados em argamassas.** Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

[18] LOURENÇO, R. V. L. **Avaliação da incidência de eflorescências em argamassas cimentícias**. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2024.

[19] ABNT. **ABNT NBR 12653:** Materiais pozolânicos – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

[20] CORDEIRO, G.C. et al. Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars. **Cement & Concrete Composites**, v. 30, p. 410 - 418, 2008.