XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO POR CINZA DE CASCA DE MANDIOCA

Mortars with Partial Cement Replacement by Cassava Peel Ash

DANIELE RIBEIRO GONÇALVES[1], THAILANE DE JESUS CHAGAS [2], PEDRO LUCAS DA COSTA DUARTE CERQUEIRA[3] , LARISSA DIAS RODRIGUES[4], FERNANDA NEPOMUCENO COSTA[5]

[1]Graduanda, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, daniele@aluno.ufrb.edu.br
[2] Graduanda, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, thailanesantos@aluno.ufrb.edu.br
[3]Graduando, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pedrolucascerqueira@hotmail.com
[4] Graduanda, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, larissadr@aluno.ufrb.edu.br
[5] Profª. Drª., Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, fernandacosta@ufrb.edu.br

RESUMO

A produção de cimento Portland é uma das maiores fontes de emissão de CO_2, devido ao elevado consumo de energia e à decomposição térmica do $CaCO_3$ durante a calcinação a mais de 1.400°C. Este estudo busca avaliar o desempenho da cinza da casca de mandioca (CCM) por meio da substituição parcial do cimento em 0%, 5%, 7,5% e 10% na produção de argamassas, realizando ensaios no estado fresco e endurecido. O resíduo foi coletado em uma casa de farinha, beneficiado e caracterizado. Ensaios de resistência com corpos de prova reduzidos e convencionais mostraram que, embora nenhum teor superasse a argamassa referência, a substituição de 5% obteve o melhor desempenho, comparado aos demais teores de substituição.

Palavras-chave: Casca de mandioca. Resíduo beneficiado. Cinzas. Amostras em miniatura.

ABSTRACT

The production of Portland cement is one of the largest sources of CO_2 emissions due to its high energy consumption and the thermal decomposition of $CaCO_3$ during calcination at over 1,400°C. This study aims to evaluate the performance of cassava peel ash (CPA) by partially replacing cement at 0%, 5%, 7.5%, and 10% in mortar production, conducting tests in both fresh and hardened states. The waste was collected from a cassava flour processing facility, processed, and characterized. Strength tests using both reduced and conventional specimens showed that, although no replacement level outperformed the reference mortar, the 5% substitution achieved the best performance compared to the other replacement levels.

Key-words: Cassava peel. Processed residue. Ashes. Miniature samples.

Como citar:
GONÇALVES, D. R.; CHAGAS, T. J.; CERQUEIRA, P. L. C. D.; RODRIGUES, L. D.; COSTA, F. N. Argamassas com substituição parcial de cimento por cinza de casca de mandioca. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025

INTRODUÇÃO

A mandioca manihot esculenta Crantz [1] é uma planta tropical perene e lenhosa, adaptada a solos de baixa fertilidade, podendo ser propagada por estacas ou sementes. A casca da mandioca, por sua vez, é um resíduo obtido durante o processo de descascamento para a obtenção de fécula (amido) ou para a produção de farinha, sendo, portanto, um subproduto ou ainda um resíduo do processo de beneficiamento da mandioca. Segundo a CONAB [2], a produção brasileira de raiz de mandioca em 2024, de acordo com o Levantamento Sistemático da Produção (LSPA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi equivalente a 19,06 milhões de toneladas colhidas. A cadeia produtiva da mandioca gera uma quantidade significativa de resíduos, sendo a casca da raiz um dos principais subprodutos descartados. Muitas das vezes, é descartada de forma inadequada, o que pode causar impactos ambientais. Entre os problemas associados à má destinação desse resíduo estão a proliferação de vetores de doenças, contaminação do solo e da água pelo chorume gerado na decomposição, além da emissão de gases poluentes [3].

Diante desse cenário, a reutilização do resíduo da casca de mandioca (RCM) surge como uma alternativa sustentável, sendo uma aplicação promissora a produção de cinza da casca de mandioca (CCM), obtida a partir da queima controlada do resíduo [4]. Algumas pesquisas já estão sendo realizadas com a utilização da cinza da casca de mandioca, com a substituição parcial do cimento pela CCM para a produção de concreto [5, 6 e 7]. Também, análises envolvendo a resistência à compressão e à flexão de argamassa de cimento misturada com cinza de casca de mandioca e aditivos redutores de água [4].

A substituição parcial do cimento por resíduos ou subprodutos agroindustriais contribui para a redução da demanda por clínquer, principal componente do cimento Portland, cuja produção é altamente intensiva em energia e emissões de CO_2. Segundo Shaik, Karthikeyan e Jayabalan [8], muitos pesquisadores vêm realizando estudos que envolvem a substituição parcial de cimento por resíduos agrícolas, com o intuito de diminuir o consumo de cimento e reduzir a emissão de CO_2 proveniente do seu processo de fabricação.

Em se tratando da cinza da casca de mandioca, sua incorporação em matriz cimentícia pode melhorar a durabilidade e a resistência ao ácido sulfúrico [9], além de contribuir com a economia circular na construção civil.

Pesquisa realizada por Ofuyatan *et al.* [9] indicaram que a composição química da cinza da casca da mandioca é de, aproximadamente, 72,34% de SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3. Em conjunto, esses três óxidos são um indicador da CCM atuar como uma pozolana, ou seja, de reagir com o cimento, ganhando resistência e tornando-se um material útil em aplicações de concreto e argamassas. O valor de 72,34% está de acordo com os requisitos mínimos de pozolanicidade indicados por algumas normas, como a NBR 12653 [10], que estabelece que a soma desses óxidos deve ser de, no mínimo, 70% para que o material seja considerado uma pozolana.

Com o objetivo de analisar o desempenho da CCM por meio da substituição parcial do cimento em diferentes teores e com o intuito de minimizar a geração de resíduos durante os ensaios experimentais e de viabilizar a utilização de menor quantidade do resíduo, devido à baixa capacidade de processamento das cinzas em laboratório, foram utilizadas técnicas em

miniatura, as quais tem-se mostrado uma alternativa promissora. Assim, este estudo também apresenta uma comparação entre o desempenho de corpos de prova convencionais e os de escala reduzida. O uso de volumes menores de amostras permite uma economia de materiais, especialmente para pesquisas laboratoriais em que a capacidade de processamento dos resíduos pode ser limitada, possibilitando maior agilidade nos ensaios e viabilizando a avaliação de desempenho [11].

Para avaliar a viabilidade do uso das cinzas da casca da mandioca foram confeccionadas argamassas substituindo parcialmente o cimento Portland pela CCM, utilizando teores de substituição de 0% (referência), 5%, 7,5% e 10%, em peso.

PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

CIMENTO

Para a produção das argamassas o aglomerante utilizado foi do tipo CP V – ARI (produzido pela Intercement na cidade de Campo Formoso - BA), que possui baixo teor de adição, com o intuito de evitar possíveis reações adversas do RCM com os outros componentes da mistura.

AREIA NATURAL

A areia natural silicosa (AN) utilizada foi obtida de uma jazida localizada em Alagoinhas – BA.

ÁGUA

A água utilizada em todos os ensaios foi destilada.

RESÍDUO DA CASCA DE MANDIOCA

O RCM foi coletado de uma casa de farinha localizado na cidade de Cruz das Almas - Ba, sendo transportado para o Laboratório de Materiais de Construção e realizado o beneficiamento e caracterização física.

MÉTODOS

PRODUÇÃO DAS FÔRMAS EM MINIATURA

As formas de tamanho reduzido utilizadas para a produção de corpos de provas em miniaturas foram obtidas por meio de moldes confeccionados em fábrica, sendo utilizado Clay (argila sintética) de alta dureza, para obter peças sob medida como base para o desenvolvimento de uma matriz, possibilitando a replicação das peças. E para a obtenção da forma foi realizada a preparação e o derramamento da borracha, obtendo-se assim uma forma retangular de silicone, com medidas de 17 x 21 cm, possuindo 32 cavidades, com dimensões de 1 x 1 x 4 cm.

Caracterização do Cimento

Foi determinada a massa específica do cimento, de acordo com os procedimentos descritos na NBR NM 23 [12].

Caracterização da Areia Natural

O tratamento desse agregado incluiu secagem em estufa a 100 ± 5 °C por 24 horas e peneiramento para a remoção de materiais orgânicos vegetais incorporados, utilizando uma peneira de abertura de 2,40 mm para eliminar grãos de diâmetro superior. Foram realizados os ensaios: determinação da massa específica, de acordo com a NBR NM 52 [13]; determinação da massa unitária, seguindo a NM 45 [14]; composição granulométrica, conforme NBR NM 248 [15]; e determinação de material pulverulento, de acordo com a NBR 16973 [16].

Na Tabela 1, tem-se os resultados da caracterização dos materiais utilizados na produção das argamassas.

Tabela 1 – Caracterização do agregado e do ligante utilizados nas argamassas.

Material	Massa específica (g/cm^3)	Massa unitária (g/cm^3)	Teor de material pulverulento (%)
Areia natural	2,63	1,59	2,19 ± 0,15
Cimento CPV-ARI	3,14	-	-

Fonte: Os autores (2025).

Beneficiamento do RCM

Antes da utilização, o RCM passou por tratamento, sendo lavado somente com água, com o objetivo de remover impurezas, seco ao ar e seco em estufa (100 ± 5 ^{0} C) até apresentar uma massa constante para eliminar a umidade aparente. Posteriormente, realizou-se a moagem em moinho de facas (WILLYE-FORTINOX/STAR FT50:6) e moinho de bolas (Solab SL 38), sendo em seguida peneirado.

Na Figura 1 está ilustrado o RCM coletado, sem beneficiamento, e a CCM após a moagem e calcinação do resíduo. Observa-se que o RCM apresenta uma granulometria irregular, enquanto a CCM, após o processo de beneficiamento, adquire uma textura mais homogênea e fina, adequada para sua incorporação em argamassas.

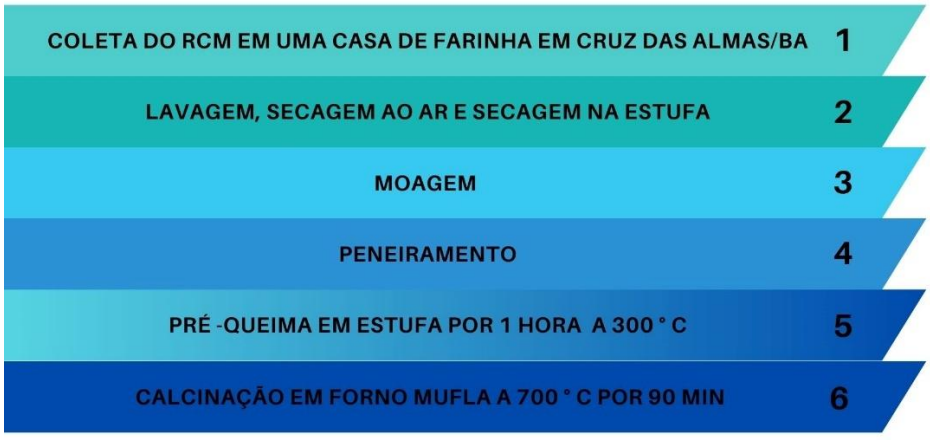
Figura 1 – Resíduo coletado e seco e pós moagem e calcinação.



Fonte: Os autores (2025).

Para possibilitar o efeito filler na mistura, a amostra da cinza escolhida foi a passante na peneira de abertura de 75 μ*m* (n° 200), conforme metodologia adotada por Guimarães *et al.* [17], Souza [18] e Oliveira *et al.* [19]. Em seguida, foi realizada uma pré-queima do material utilizando a estufa a uma temperatura de 300 °C por 1 hora e posteriormente a calcinação foi realizada em um forno mufla (Zezimaq, modelo 2000-G, 6400W de potência, equipado com um programador de temperatura microprocessado da DigiMec, modelo FHMP) a 700 °C por 90 minutos, obtendo-se assim a CCM. Tem-se na Figura 2 a representação das etapas do tratamento do resíduo.

Figura 2 – Etapas do beneficiamento do resíduo da casca da mandioca.



Fonte: Os autores (2025).

A cinza da casca da mandioca foi caracterizada por meio de ensaios para determinação da perda ao fogo (PF) conforme NBR 17086-6 [20], determinação da massa específica de acordo com a NBR NM 23 [12] e índice de atividade pozolânica aos 28 dias seguindo a NBR 5752 [21], de modo a analisar requisitos estabelecidos pela NBR 12653 [22] para a classificação de materiais pozolânico.

Dosagem e Preparo das Argamassas

Para avaliar a influência da incorporação do resíduo nas propriedades das argamassas, foram moldados corpos de prova com diferentes teores de substituição parcial do cimento Portland pela CCM. Os corpos de prova sem o resíduo foram denominados como referência (0%), enquanto os corpos de prova com substituição parcial de cimento foram classificados nos percentuais de 5%, 7,5% e 10%. O traço utilizado foi 1:6, em massa, e a relação água/ (cimento + CCM) foi mantida em 1,05. Esses parâmetros foram estabelecidos com base nas pesquisas de Souza [19]. Os traços utilizados na preparação das argamassas estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Traços das argamassas estudadas (unitário em massa).

NOMENCLATURA	CIMENTO	AREIA	CCM	a / (c + CCM)
0% CCM (REF)	1,000	6	-	1,05
5% CCM	0,950	6	0,050	1,05
7,5% CCM	0,925	6	0,075	1,05
10% CCM	0,900	6	0,100	1,05

Fonte: Os autores (2025).

A mistura dos materiais para a confecção das argamassas foi realizada utilizando um misturador mecânico e um recipiente de material não absorvente, seguindo os procedimentos descritos na NBR 7215 [23].

Determinação do Índice de Consistência e da Densidade de Massa no Estado Fresco

Foram realizados os ensaios de determinação do índice de consistência, seguindo a NBR 13276 [24] e da densidade de massa e do teor de ar incorporado, seguindo a NBR 13278 [25].

Moldagem dos Corpos de Prova

Foram utilizados moldes prismáticos metálicos convencionais de medidas 4 x 4 x 16 cm e moldes em escala reduzida de medidas 1 x 1 x 4 cm. Realizou-se as moldagens dos corpos de prova seguindo as orientações descritas na NBR 13279 [26] e após 24 h os corpos de prova foram desenformados e colocados em cura em água saturada com cal até as idades de 14 e 28 dias, para a realização dos ensaios no estado endurecido. A Figura 3 apresenta os moldes para a confecção dos corpos de prova de argamassa.

Figura 3 – Molde prismático miniatura e Molde prismático convencional.



Fonte: Os autores (2025).

Para avaliar a resistência mecânica das argamassas em diferentes teores da CCM e a viabilidade do uso de formas em escala reduzida, para cada teor de substituição foram moldados 12 corpos de prova com dimensões 1 x 1 x 4 cm e 12 corpos de prova com dimensões 4 x 4 x 16 cm, conforme os padrões estabelecidos na NBR 13279 [26].

Determinação da Resistência à Tração na Flexão e à Compressão

Para os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão foram testados, para cada teor, três corpos de prova em miniatura e três convencionais por idade (14 dias e 28 dias), conforme as especificações da NBR 13279 [26].

A NBR 13279 [26] determina que o ensaio de resistência à tração em corpos de prova convencionais seja realizado com suportes de aço em forma de roletes, espaçados em 100 ± 0,5 mm. Levando-se em consideração que os corpos de provas em miniatura apresentam uma redução em suas medidas à um quarto dos convencionais, essa distância foi proporcionalmente reduzida para 25 ± 0,5 mm, correspondendo a um quarto da original. Ilustrações dessa adaptação estão representadas na Figura 4.

Figura 4 – Ensaio de resistência à tração no CP convencional (A) e no CP miniatura (B).



(A) (B)

Fonte: Os autores (2025).

Os ensaios de resistência foram conduzidos em uma máquina universal de ensaios da Time Group Inc., modelo WDW-200E, com capacidade máxima de 200 kN.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os resultados da caracterização da CCM, realizados para identificar suas propriedades e avaliar as características para classificação como material pozolânico, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização da CCM.

DETERMINAÇÃO	RESULTADOS
Massa Específica (g/cm³)	2,54
Índice de Atividade Pozolânica aos 28 dias (%)	72,41
Perda ao Fogo (%)	19

Fonte: Os autores (2025).

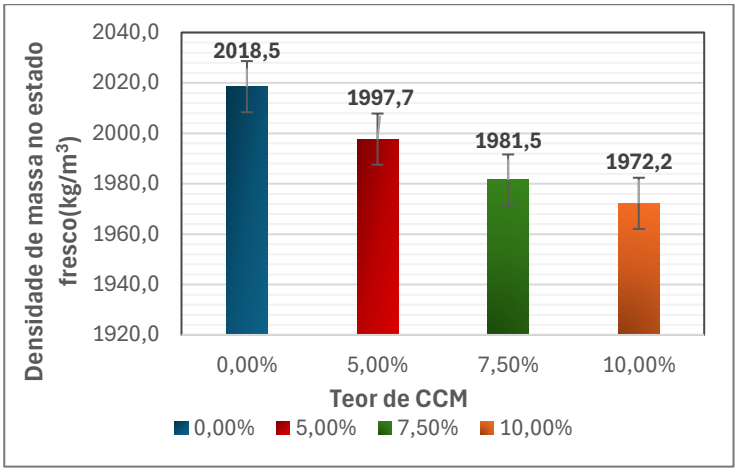
A massa específica da CCM foi determinada como sendo igual a 2,54 g/cm³, valor inferior ao encontrado para o cimento Portland CP V-ARI (3,14 g/cm³) usado como ligante, indicando assim que para um mesmo volume a CCM apresenta uma massa inferior ao do cimento.

Para a caracterização da CCM como material pozolânico, a partir dos resultados encontrados, verificou-se que o índice de atividade pozolânica (IAP) aos 28 dias foi de 72,41%, abaixo do valor mínimo de 90% exigido, de acordo a NBR 12653 [10]. A perda de massa encontrada foi de 19%, por meio do ensaio de perda ao fogo (PF), valor este superior ao limite de 6% estabelecido para um material ser considerado pozolânico pela NBR 12653 [10]. Dessa forma, com os ensaios realizado nesta pesquisa, não se pode afirmar que a CCM seja um material pozolânico. Por limitações do laboratório em que os estudos foram desenvolvidos, não foi realizada caracterização química, para verificar por meio da composição química da CCM se a soma dos óxidos SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3 é, no mínimo, 70%. No entanto, de acordo com as pesquisas realizadas por Ofuyatan *et al.* [9], a CCM calcinada a 700 °C foi caracterizada como pozolânica.

DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO

Para o ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado, observou-se que o aumento no teor de substituição do cimento CP V-ARI pela CCM ocasionou a diminuição no valor da densidade de massa das argamassas, como mostra a Figura 5. Essa variação ocorreu, provavelente, devido à menor massa específica da cinza em comparação ao cimento Portland.

Figura 5 – Resultados de densidade de massa no estado fresco das argamassas.

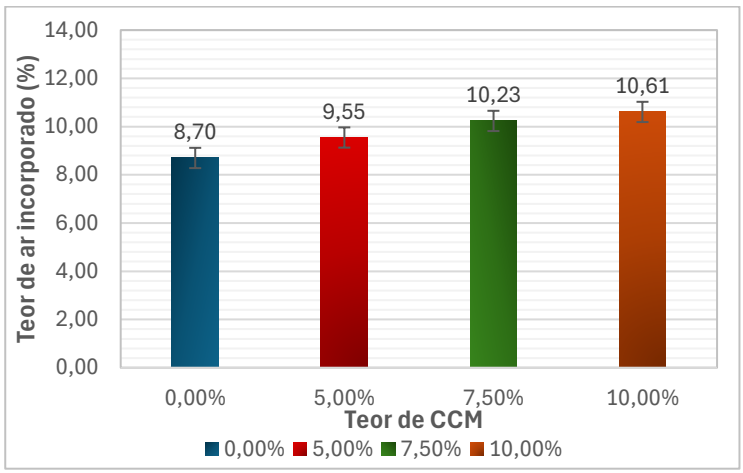


Fonte: Os autores (2025).

De acordo com a NBR 13281-1 [28], que estabelece os requisitos, critérios e métodos de ensaios para argamassas inorgânicas destinadas ao revestimento de paredes e tetos, as argamassas com teores de 5% 7,5% e 10% de substituição do cimento pela CCM são classificadas como DF3, devido à sua densidade estar entre 1800 kg/m^3 e 2000 kg/m^3. Assim, as argamassas produzidas com a CCM são mais leves que a argamassa referência, classificadas como DF4, por apresentar densidade maior que 2000 kg/m³.

Sabendo-se que a densidade de massa é inversamente proporcional ao teor de ar incorporado, observa-se esse comportamento gráfico na Figura 6.

Figura 6 – Resultados do teor de ar incorporado nas argamassas.

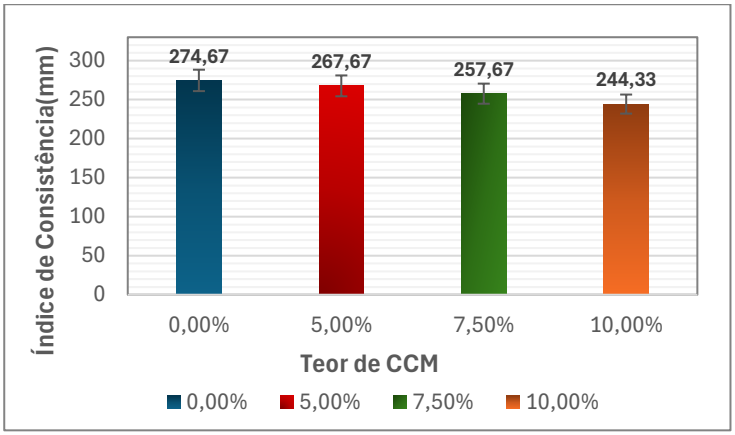


Fonte: Os autores (2025).

Índice de Consistência

A Figura 7 apresenta os resultados dos ensaios para a determinação do índice de consistência das argamassas estudadas, com a incorporação da CCM e sem o resíduo.

Figura 7 – Resultados do índice de consistência das argamassas.



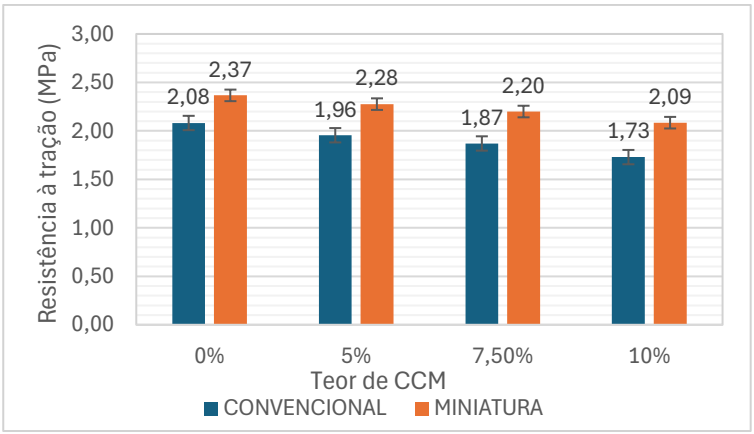
Fonte: Os autores (2025).

Observa-se no gráfico que as argamassas com substituições de 5%, 7,5% e 10% reduziram o espalhamento em 3%, 6% e 11%, respectivamente, indicando que o aumento do teor de substituição do cimento por CCM demanda uma quantidade maior de água para a mistura. No entanto, como a relação água/(cimento+CCM) não foi alterada nas diferentes misturas, a disponibilidade de água livre na argamassa foi reduzida, justificando a diminuição do espalhamento observado. Ofuyatan *et al.* [9], em suas pesquisas sobre a incorporação da CCM na produção de concreto, observaram resultados semelhantes, verificando uma redução no abatimento do concreto à medida que os teores de CCM aumentavam.

Resistência à Tração na Flexão e à Compressão

Os resultados obtidos para a resistência à tração na flexão nas idades 14 e 28 dias estão representadas nas Figuras 8 e 9, respectivamente, enquanto os resultados de resistência à compressão estão representados nas Figuras 10 e 11, para as idades de 14 e 28 dias.

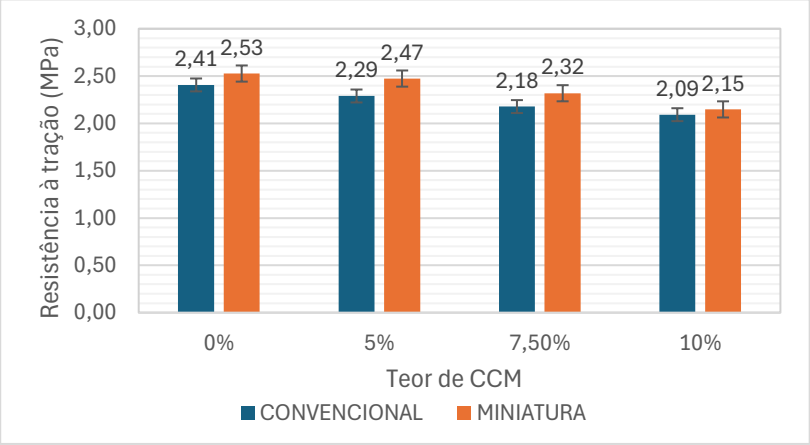
Figura 8 – Resultados de resistência à tração na flexão argamassa de referência e das argamassas com substituição parcial do cimento pela CCM, aos 14 dias.



Fonte: Os autores (2025).

Os resultados indicaram que as amostras em escala reduzida apresentaram um comportamento semelhante às padronizadas, sendo possível observar algumas variações na resistência. A discrepância entre os dados do comportamento do CP convencional e do CP em miniatura pode ser justificada pelas adaptações no método elaborado para a produção, o que se assemelha às variações encontradas por Oliveira *et al.* [19] em seus estudos.

Figura 9 – Resultados de resistência à tração na flexão aos 28 dias das argamassas em tamanho convencional e em miniatura.

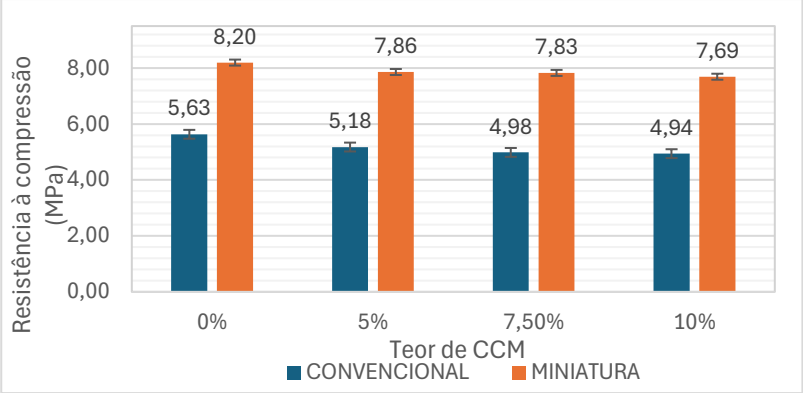


Fonte: Os autores (2025).

Analisando os gráficos das Figuras 8 e 9, observa-se que, aos 14 dias, os teores de 5%, 7,5% e 10% apresentaram uma redução de resistência igual a 6%, 10% e 17% nos corpos de prova convencionais, e de 4%, 7% e 12% nos corpos de prova de escala reduzida. Aos 28 dias, os teores de substiruição do cimento pela CCM por meio da avaliação nos corpos de prova convencionais apresentaram uma redução de desempenho de 5%, 10% e 13%, e nos corpos de prova em miniatura a diminuição foi de 2%, 8% e 15%. Pode-se observar que ambos os tipos de corpos de prova (convencional e miniatura) apresentaram conformidade nos resultados. Nota-se que, com o aumento do teor de substituição, a resistência das argamassas diminui. Esse mesmo comportamento foi observado por Ofuyatan *et al.* [10]. Observa-se que, entre os teores de substituição, o de 5,0% apresenta melhores resultados, sendo inferior apenas à argamassa referência.

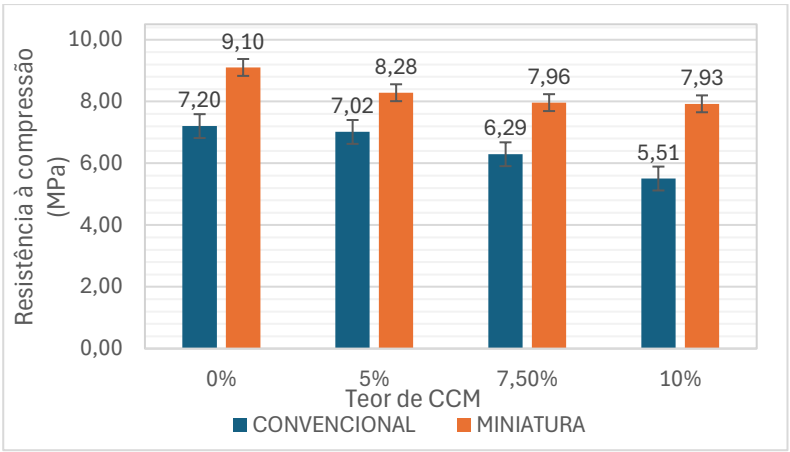
De maneira análoga, os ensaios de resistência à compressão axial também indicaram essa tendência de equivalência entre as argamassas, reforçando a confiabilidade das amostras em miniatura.

Figura 10 – Resultados de resistência à compressão aos 14 dias das argamassas em tamanho convencional e em miniatura.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 11 – Resultados de resistência à compressão aos 28 dias das argamassas em tamanho convencional e em miniatura.



Fonte: Os autores (2025).

A substituição parcial do cimento Portland pela CCM resultou em redução nos valores da resistência à tração na flexão e à compressão, tanto aos 14 dias quanto aos 28 dias, para todos os teores de substituição, o que é justificado pela substituição parcial do ligante por um material que não possui propriedades pozolânicas, conforme resultados dispostos na Tabela 3. Ademais, tem-se que a CCM tem menor finura que o cimento utilizado, sendo mais reativo, o que indica que os resultados encontrados estão coerentes.

As resistências das amostras em miniatura apresentaram comportamentos semelhantes aos resultados obtidos pela análise dos corpos de prova convencionais (diminuição geral no desempenho mecânico com o aumento da substituição da CCM), confirmando-se, assim, a análise da eficácia dos corpos de prova em escala reduzida, abordada em estudos realizados por Oliveira *et al.* [19].

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

- Nos ensaios no estado fresco, foi possível observar que a substituição parcial do cimento Portland pela CCM proporciona a diminuição do espalhamento em todos os teores ao comparar com a argamassa referência, sem o resíduo;
- A substituição parcial do cimento pela CCM resultou em uma diminuição da resistência à tração na flexão e da resistência à compressão, tanto aos 14 quanto aos 28 dias;
- A avaliação de desempenho mecânico das argamassas por meio da utilização de amostras em tamanho reduzido, de forma comparativa entre os diferentes tipos de argamassas produzidas, não foi afetada, sendo uma alternativa satisfatória para pesquisas que não dispõem de grandes quantidades de material ou cuja produção seja dificultada;
- Ao mostrar confiabilidade nos dados e viabilidade técnica, pesquisas para avaliar a utilização de resíduos adotando corpos de prova em escala reduzida podem ser realizadas sem a necessidade de moldagem de amostras em escala maior (CP convencional), principalmente quando se há limitação na quantidade do material em estudo;
- Analisando os resultados obtidos para todos os teores de substituição parcial do cimento pela CCM, ao levar em consideração o processo de fabricação do cimento que ocasiona uma grande emissão de CO_2, o teor de substituição de 5% do cimento pela CCM pode ser uma alternativa, apesar dos resultados serem ligeiramente inferiores ao da argamassa referência.

REFERÊNCIAS

[1] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Etnovariedades de Mandioca (Manihot esculenta Crantz) -** Cultivadas em Assentamentos Rurais de Corumbá-MS. 2008. Disponivel em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/372625/1/BP78.pdf. Acesso em: 2 fev. 2025.

[2] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Análise mensal-Mandioca.** 2025. Disponivel em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/25307-mandioca-analise-mensal-dezembro-2024. Acesso em: 22 jan. 2025.

[3] ARAUJO, G. F. B. A.; SILVA, A. M.; CORREIA, A. M. M. Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR): Uma análise na produção da farinha de mandioca no Município de Bananeira-PB. XXII **ENGEMA** - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2020.

[4] RAUF, A. T.; AKINTONYE, O. O.; CHUKWEMEKA, E. G.; OKOLO, I. Compressive and flexural strength of cement mortar blended with cassava peel ash and high-range water-reducing (superplasticizing) admixtures. **ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER.** v. 3, n. 3, p. 29-35, jul. 2024. DOI: 10.5937/engtoday2400011R.

[5] Abdulwahab, M. T.; UCHE, O. A. U. Durability Properties of Self-Compacting Concrete (SCC) Incorporating Cassava Peel Ash (CPA). **NIJOTECH.** v. 40, n. 4, p584-590, jul. 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/njt.v40i4.4.

[6] RASHEED, a.; SAMSON, O. O.; MOKANMIYO, O. A.; MICHAEL, A. O.; MICHAEL, B. O.; GBENGA, A. E. An Experimental Investigation into the Effects of Using Partially Substituted Cassava Peel Ash for Cement in Concrete. **CJET.** v.8, n.2, p 12-18.

[7] SALAU, M. A.; IKPONMWOSA, E. E.; OLONODE, K. A. Structural Strength Characteristics of Cement-Cassava Peel Ash-Blended Concrete. **IISTE.** V.2, n.10, p 68-78, 2012.

[8] SHAIK, S. B.; KARTHIKEYAN, J.; JAYABALAN, P. O. Influence of using agro-waste as a partial replacement in cement on the compressive strength of concrete-Astatitical approach. **Construction and Building Materials.** V. 250, jul 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118746.

[9] OFUYATAN, O.; ADEOYE, O.; EDE, A.; OLOFINNADE, R.; OYEBISI, S.; ALAYANDE, T.; OGUNDIPE, J. Assessment of Strength Properties of Cassava Peel Ash-Concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, v. 9, n. 1, p. 965-974, 2018. Disponível em: http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=1. Acesso em: 10 ago. 2024.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **12653**: materiais pozolânicos-requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

[11] BEAUDOIN, J. J. **Miniaturized Techniques. Handbook of Analytical Techniques in Concrete Science and Technology Principles, Techniques,** p. 403-440, 2001.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NM 23:** Cimento Portland e outros materiais em pó-determinação de massa específica. Rio de janeiro: ABNT, 2000.

[13] _____. NM **52:** Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de janeiro: ABNT, 2009.

[14] _____. NM **45:** Agregado – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de janeiro: ABNT, 2009.

[15] _____. NM **248:** Agregado – Determinação da composição granulométrica. Rio de janeiro: ABNT, 2001.

[16] _____. NBR **16973:** Agregados – Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem. Rio de janeiro: ABNT, 2021.

[17] GUIMARÃES, C. C.; SANTOS, I. C. S.; ALMEIDA, M. S. S. **Cinza de padaria como adição mineral em substituição parcial ao cimento Portland na produção de argamassas.** Anais do 61ª Congresso Brasileiro do Concreto – CBC2019, IBRACON, Fortaleza – CE, 2019.

[18] SOUZA, C. O. **Avaliação do uso de resíduo de cinzas de fornos de padaria em matrizes cimentícias utilizando corpos de prova em miniatura**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia, 2023.

[19] OLIVEIRA, L. G. C.; RIBEIRO, T. O.; CERQUEIRA, P. L. C. D.; SANTOS, T. J.; COSTA, F. N. Avaliação de argamassa com substituição parcial de cimento por cinzas de fornos de padaria utilizando CP em miniatura. **INIC.** 2024.

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17086-6**: cimento Portland-análise química-parte 6: determinação da perda ao fogo. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

[21] _____. NBR **5752:** materiais pozolânicos-determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

[22] _____. NBR **12653**: materiais pozolânicos-requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

[23] _____. NBR **7215**: Cimento Portland-determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

[24] _____. NBR **13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[25] _____. NBR **13278**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-determinação da densidade de massa e do teor de as incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[26] _____. NBR **13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[27] _____. NBR **5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

[28] _____. NBR **13281-1:** Argamassas inorgânicas-requisitos e métodos de ensaio parte 1: argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.