

Utilização do pó da casca de melancia como **substituente parcial do cimento Portland** em argamassas

DIEGO DORNELAS DIOGO - PROF. - <https://orcid.org/0009-0006-0597-9803> — Centro Universitário Geraldo Di Biase (UGB)

RESUMO

A CRESCENTE DEMANDA POR MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL TEM INCENTIVADO A BUSCA POR RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS QUE POSSAM SER REAPROVEITADOS COMO INSUMOS ALTERNATIVOS. ESTE TRABALHO AVALIA A VIABILIDADE DO USO DO PÓ DA CASCA DE MELANCIA (*CITRULLUS LANATUS*) COMO SUBSTITUENTE PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND EM ARGAMASSAS, CONSIDERANDO SEUS EFEITOS NA TRABALHABILIDADE, NA ABSORÇÃO DE ÁGUA E NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO. FORAM REALIZADOS ENSAIOS EXPERIMENTAIS COM TEORES DE SUBSTITUIÇÃO VARIANDO DE 0% A 10% EM MASSA DO CIMENTO. OS RESULTADOS INDICARAM QUE A INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO INFLUENCIA DIRETAMENTE O COMPORTAMENTO DAS ARGAMASSAS, COM LEVE INCREMENTO DE RESISTÊNCIA PARA 1% DE SUBSTITUIÇÃO E MANUTENÇÃO DE DESEMPENHO MECÂNICO EM TEORES ATÉ APROXIMADAMENTE 7%, QUANDO COMPARADOS À ARGAMASSA DE REFERÊNCIA. PARA TEORES SUPERIORES, OBSERVOU-SE REDUÇÃO SIGNIFICATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, ASSOCIADA AO AUMENTO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA E DO ÍNDICE DE VAZIOS. OS RESULTADOS OBTIDOS REFEREM-SE ÀS CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS ADOTADAS E INDICAM QUE O PÓ DA CASCA DE MELANCIA PODE SER EMPREGADO EM SUBSTITUIÇÕES LIMITADAS, ESPECIALMENTE EM APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIS, CONTRIBUINDO PARA A VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO.

PALAVRAS-CHAVE: ARGAMASSA SUSTENTÁVEL, RESÍDUO AGROINDUSTRIAL, CASCA DE MELANCIA, SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO, CONSTRUÇÃO CIVIL.

1. INTRODUÇÃO

Na busca por atender às crescentes demandas por infraestrutura, a construção civil consolidou-se como um dos setores industriais de maior impacto ambiental, tanto pelo elevado consumo de recursos naturais quanto pela expressiva geração de

resíduos sólidos e emissões atmosféricas. Entre os principais responsáveis por esse impacto, destaca-se o cimento Portland, cuja produção representa aproximadamente 8% das emissões globais de dióxido de carbono (SCRIVENER *et al.*, 2018), além de demandar grandes quantidades de energia e matérias-primas minerais.

Nesse contexto, a substituição parcial do cimento por materiais alternativos tem sido amplamente investigada como estratégia para reduzir custos, minimizar impactos ambientais e promover práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da economia circular (MALHOTRA, 2002). Resíduos agroindustriais, em especial, vêm se destacando por apresentarem disponibilidade abundante, baixo custo e potencial para atuar como adições ou substituições minerais em concretos e argamassas (ARAÚJO *et al.*, 2022).

Entre esses resíduos, a casca de melancia (*Citrullus lanatus*), constitui um subproduto amplamente descartado no Brasil, com elevado volume de geração e reduzido aproveitamento industrial. Do ponto de vista químico e estrutural, esse material apresenta composição rica em celulose, lignina, hemicelulose e sais minerais, além de partículas finas com potencial de atuar como microfíler e, parcialmente, como material pozolânico (NASCIMENTO *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2023). Estudos recentes indicam que a incorporação controlada de resíduos orgânicos na matriz cimentícia pode melhorar a trabalhabilidade, reduzir a porosidade e, em determinados teores, manter ou até elevar a resistência mecânica dos compósitos (SULTANA *et al.*, 2019; VIERA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2022). Contudo, a presença de matéria orgânica também pode interferir negativamente na

hidratação do cimento e comprometer a durabilidade quando utilizada em proporções excessivas, o que torna essencial a avaliação experimental criteriosa de cada resíduo e de seus teores de substituição.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica e ambiental do uso do pó da casca de melancia como adição alternativa na fabricação de argamassas, por meio da substituição parcial do cimento Portland. Como objetivos específicos, pretende-se: (i) analisar a influência do pó da casca de melancia na trabalhabilidade da argamassa, por meio do ensaio de consistência (abatimento); (ii) avaliar o efeito da substituição parcial do cimento na absorção de água e nos índices de porosidade, como indicadores de durabilidade; (iii) determinar a variação da resistência à compressão em função dos diferentes teores de substituição; e (iv) identificar o intervalo de substituição mais adequado, que concilie desempenho mecânico satisfatório e benefícios ambientais.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais utilizados

Neste trabalho foram utilizados os seguintes materiais, conforme ilustrado na figura 1:

- Cimento Portland CPIII-32 CSN, fabricado conforme a ABNT NBR 16697 (2018), adequado para a produção de argamassas de uso geral;
- Agregado miúdo (areia lavada), proveniente de jazida local, com granulometria adequada para uso em argamassas, conforme recomendações da ABNT NBR 13276 (2016), garantindo adequada trabalhabilidade e resistência mecânica;



FIGURA 1

MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

FONTE: AUTOR

- ▶ Água potável, utilizada para amassamento, em conformidade com as recomendações da ABNT NBR 13276 (2016); e
- ▶ As cascas de melancia foram inicialmente lavadas, fragmentadas e submetidas à secagem em estufa a 60 °C por 24 h,



FIGURA 2

MISTURA DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

FONTE: AUTOR

com o objetivo de reduzir o teor de umidade livre. Em seguida, o material foi submetido a aquecimento em mufla a 200 °C por 1 h, caracterizando um processo de secagem avançada, sem atingir temperaturas típicas de calcinação. Esse tratamento térmico moderado foi adotado visando promover maior estabilidade física do resíduo, reduzir sua higroscopicidade e facilitar sua moagem, possibilitando a obtenção de partículas com granulometria compatível com a matriz cimentícia. Procedimentos semelhantes são relatados na literatura para resíduos agroindustriais utilizados como adições em materiais cimentícios, nos quais o aquecimento prévio é empregado principalmente para remoção de umidade residual e melhoria da dispersão do material na mistura (ZHANG *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2023).

2.2 Preparação das misturas

Foram preparados traços de argamassa com substituição parcial do cimento Portland pelo pó da casca de melancia calcinada, nos seguintes teores em massa:

0% (referência), 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9% e 10%.

A relação água/cimento foi mantida constante em 0,48 para todas as misturas, de modo a isolar o efeito da substituição do cimento pelo pó da casca de melancia sobre o comportamento da argamassa.

A mistura foi realizada em misturador mecânico, conforme procedimento estabelecido

na ABNT NBR 13276 (2016). Inicialmente, os materiais secos (cimento, areia e pó da casca) foram homogeneizados por 2 minutos. Em seguida, adicionou-se água de amassamento, mantendo-se a mistura por mais 3 minutos até obtenção de uma argamassa homogênea, conforme ilustra a Figura 2.

2.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

Foram moldados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, em quatro exemplares para cada traço, totalizando 44 corpos de prova.

A moldagem e a compactação foram realizadas manualmente, por meio de adensamento em camadas com haste padrão, conforme recomendações da ABNT NBR 13279 (2016).

Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram em ambiente controlado, com temperatura de 27 ± 3 °C e umidade relativa superior a 80%, por um período de 24 horas. Em seguida, foram desmoldados e submetidos à cura úmida em tanque com água potável a 20 ± 5 °C, permanecendo imersos por 33 dias até a realização dos ensaios mecânicos, conforme ilustra a figura 3.



FIGURA 3

CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS

FONTE: AUTOR

2.4 Ensaios realizados

2.4.1 CONSISTÊNCIA DA ARGAMASSA

A consistência da argamassa fresca foi avaliada por meio da determinação do índice de consistência, conforme procedimento descrito na ABNT NBR 13276 (2016), com o objetivo de analisar a influência do pó da casca de melancia na trabalhabilidade da mistura.

Os valores obtidos no ensaio de consistência foram utilizados como parâmetro comparativo entre os diferentes teores de substituição do cimento pelo pó da casca de melancia.

2.4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão foi realizado aos 33 dias de idade, conforme a ABNT NBR 13279 (2016).

Os corpos de prova foram ensaiados em prensa hidráulica, com aplicação de



FIGURA 4

ENSAIO DE COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA

FONTE: AUTOR

TABELA 1

ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÍNDICE DE VAZIOS

Média das Amostras	M _{sat} (g)	M _s (g)	M _i (g)	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica da amostra seca (g/cm³)
TR	447,6	435,9	238,6	2,6	5,6	2.085
T1	452,5	440,0	241,5	2,8	5,9	2.085
T2	464,0	450,8	250,2	2,9	6,1	2.108
T3	468,1	454,2	244,0	3,0	6,2	2.026
T4	436,2	422,2	211,2	3,3	6,2	1.876
T5	430,5	416,5	205,4	3,3	6,2	1.850
T6	433,4	418,4	211,4	3,5	6,7	1.884
T7	428,7	410,1	198,2	4,5	8,0	1.779
T8	426,0	405,5	186,9	5,0	8,5	1.695
T9	391,7	366,2	110,4	6,9	9,0	1.301
T10	358,8	335,1	107,9	7,0	9,4	1.333

FONTE: AUTOR

carga contínua e crescente até a ruptura, sendo registrada a tensão máxima suportada por cada amostra (Figura 4). Para cada traço, foram considerados três valores válidos, desconsiderando-se o menor resultado, conforme procedimento adotado para controle estatístico básico.

2.4.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água foi determinada segundo a ABNT NBR 9778 (2005), com o objetivo de avaliar a porosidade aparente e a susceptibilidade da argamassa à penetração de água, parâmetros diretamente relacionados à durabilidade do material.

Os valores obtidos foram utilizados para comparar o comportamento das argamassas com diferentes teores de substituição.

2.5 Procedimentos de controle e tratamento dos dados

Todos os ensaios foram realizados em triplicata, garantindo repetibilidade e confiabilidade estatística básica. Os resultados foram organizados em tabelas e analisados de forma comparativa, considerando a argamassa de referência (0%) como parâmetro base para avaliação do efeito do pó da casca de melancia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consistência e trabalhabilidade

Os valores de abatimento obtidos no ensaio de consistência indicam que a incorporação do pó da casca de melancia influenciou diretamente a trabalhabilidade da argamassa fresca. Para baixos teores de substituição, observou-se um leve aumento no abatimento em relação à argamassa de referência, evidenciando melhoria da fluidez da mistura.

Esse comportamento pode ser atribuído à elevada capacidade de retenção hídrica do pó da casca, que favorece a liberação gradual de água durante a mistura, promovendo maior coesão e plasticidade da pasta. Tal efeito é compatível com o observado por Lopes *et al.* (2023) e Sultana *et al.* (2019), que reportam aumento de trabalhabilidade em argamassas contendo resíduos vegetais finamente moídos.

Entretanto, para teores de substituição mais elevados, verificou-se redução progressiva do abatimento. Esse resultado está associado ao aumento da fração de partículas orgânicas finas, que passam a absorver parte significativa da água de amassamento, elevando a viscosidade da mistura e dificultando o escoamento. Resultados semelhantes foram relatados por Silva *et al.* (2022) e Araújo *et al.* (2022).

Cabe destacar que os ensaios foram conduzidos mantendo-se constante a relação água/cimento ($a/c = 0,48$), conforme definido na metodologia. Dessa forma, não foram empregados aditivos plastificantes nem ajustes adicionais de água, o que permite atribuir as variações observadas exclusivamente à presença do pó da casca de melancia. Essa condição experimental, embora adequada para análise comparativa, constitui uma limitação do estudo, uma vez que, em aplicações práticas, ajustes no teor de água ou uso de aditivos poderiam mitigar perdas de trabalhabilidade em teores elevados de substituição.

3.2 Absorção de água e durabilidade

Os resultados do ensaio de absorção de água, apresentados na Tabela 1 e ilustrados na Figura 5, evidenciam uma tendência de aumento progressivo da absorção e do índice de vazios com o incremento do teor de pó da casca de melancia nas argamassas. A mistura de referência (TR) apresentou absorção de 2,6% e índice de vazios de 5,6%, enquanto as formulações com maiores teores de substituição (T9 e T10) atingiram valores de absorção de até 6,9% e 7,0%, acompanhados de índices de vazios de 9,0% e 9,4%, respectivamente.

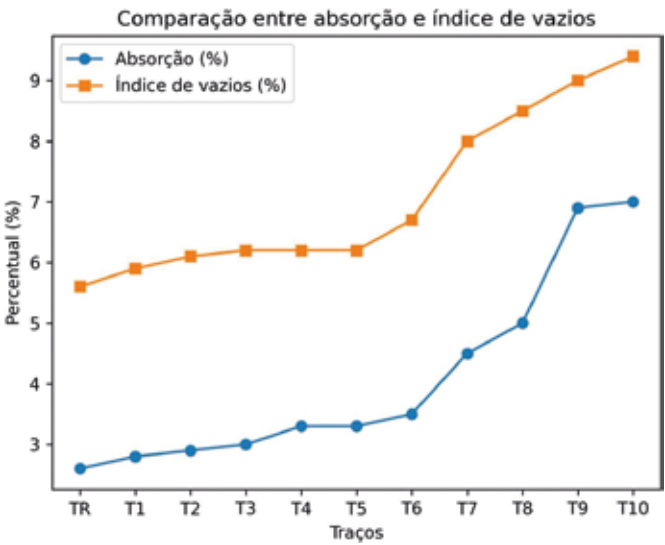


FIGURA 5
ABSORÇÃO DE ÁGUA X ÍNDICE DE VAZIOS
FONTE: AUTOR

Apesar do crescimento gradual desses parâmetros, todos os valores de absorção permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 9778 (2005), indicando que, do ponto de vista normativo, as argamassas avaliadas apresentam comportamento compatível com materiais cimentícios convencionais. Observa-se, contudo, que o aumento do índice de vazios acompanha de forma coerente o acréscimo da absorção de água, evidenciando a relação direta entre a porosidade aberta da matriz e a capacidade de incorporação de água.

Esse comportamento pode ser atribuído, principalmente, à natureza higroscópica do pó da casca de melancia, cuja estrutura fibrosa e composição orgânica favorecem a retenção de água no interior da matriz cimentícia. Além disso, a redução progressiva da massa específica da amostra seca, especialmente a partir da mistura T4, reforça a hipótese de aumento da porosidade global do sistema, possivelmente associada à formação de microcanais e à maior conectividade dos poros quando a dispersão do material não ocorre de forma plenamente homogênea (VIERA *et al.*, 2021).

Por outro lado, nos teores mais baixos de incorporação (T1 a T3), observa-se um aumento discreto da absorção e do índice de vazios, sugerindo a atuação de um efeito microfíler, no qual as partículas finas do pó contribuem para o preenchimento parcial dos vazios da matriz cimentícia. Esse efeito pode limitar a conectividade dos poros capilares e, consequentemente, atenuar o avanço da permeabilidade do material, conforme discutido por Lopes *et al.* (2023) e Gonçalves *et al.* (2021).

De modo geral, os resultados indicam que a incorporação do pó da casca de melancia influencia diretamente a

TABELA 2
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS AMOSTRAS

Porcentagem	Corpos de prova	Tensão de ruptura (MPa)
0%	TR - am1	34,9
0%	TR - am2	35
0%	TR - am3	39,6
MÉDIA 36,5		
1%	T1% - am1	35,5
1%	T1% - am2	38,3
1%	T1% - am3	39,2
MÉDIA 37,67		
2%	T2% - am1	33,4
2%	T2% - am2	35,2
2%	T2% - am3	33,5
MÉDIA 34,03		
3%	T3% - am1	31,6
3%	T3% - am2	30,6
3%	T3% - am3	34,6
MÉDIA 32,27		
4%	T4% - am1	32,4
4%	T4% - am2	33,8
4%	T4% - am3	36,2
MÉDIA 34,13		
5%	T5% - am1	34,4
5%	T5% - am2	34,5
5%	T5% - am3	33,5
MÉDIA 34,13		
6%	T6% - am1	29,5
6%	T6% - am2	30,4
6%	T6% - am3	23,8
MÉDIA 27,9		
7%	T7% - am1	31,2
7%	T7% - am2	35,1
7%	T7% - am3	31,5
MÉDIA 32,6		
8%	T8% - am1	31,7
8%	T8% - am2	27,9
8%	T8% - am3	32
MÉDIA 30,53		
9%	T9% - am1	21,8
9%	T9% - am2	22,7
9%	T9% - am3	21
MÉDIA 21,83		
10%	T10% - am1	21,5
10%	T10% - am2	20,1
10%	T10% - am3	21
MÉDIA 20,87		

FONTE: AUTOR

microestrutura das argamassas, promovendo alterações graduais na porosidade e na absorção de água. Entretanto, até os teores máximos analisados, o desempenho observado permanece compatível com os requisitos normativos, evidenciando o potencial do material como adição alternativa em matrizes cimentícias, desde que controlados os percentuais de substituição.

3.3 Resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão aos 33 dias, apresentados na Tabela 2 e na Figura 6, evidenciam que a substituição parcial do cimento por pó da casca de melancia influencia diretamente o desempenho mecânico das argamassas, em consonância com as alterações observadas nas propriedades físicas, especialmente na absorção de água e no índice de vazios. A argamassa de referência (0%) apresentou resistência média de 36,50 MPa, associada a baixos valores de absorção (2,6%) e índice de vazios (5,6%), conforme discutido no capítulo anterior.

Para o teor de 1% de substituição, verificou-se incremento da resistência média para 37,67 MPa, comportamento

que se mostra coerente com o discreto aumento da absorção e do índice de vazios observado nessa composição. Esse resultado indica que, em baixos teores, a incorporação do pó da casca de melancia favorece a densificação da matriz cimentícia, possivelmente em função do efeito microfiller, no qual partículas finas promovem o preenchimento de vazios e a redução da porosidade capilar efetiva (SULTANA *et al.*, 2019; NASCIMENTO *et al.*, 2020). Adicionalmente, a literatura aponta que resíduos vegetais finamente moídos podem apresentar frações minerais residuais, o que pode contribuir de forma limitada para a compactação da matriz, embora no presente estudo não tenham sido realizados ensaios específicos para confirmar reações químicas secundárias (ZHANG *et al.*, 2020).

Nos teores intermediários de substituição (2% a 7%), os valores médios de resistência à compressão mantiveram-se próximos aos da argamassa de referência, variando entre 32,27 MPa e 34,13 MPa. Esse comportamento é compatível com os resultados de absorção de água e índice de vazios, que, embora apresentem tendência de aumento, ainda se mantêm em patamares moderados. Tal equilíbrio sugere que, nesse intervalo, os efeitos físicos de preenchimento parcial de vazios podem compensar parcialmente o aumento da porosidade global, resultando em desempenho mecânico satisfatório e estatisticamente próximo ao material de referência, conforme indicado pelos intervalos de

% . Resultados semelhantes são reportados por Lopes *et al.* (2023) e Gonçalves *et al.* (2021) em estudos com resíduos agrícolas finamente moídos.

Entretanto, para teores iguais ou superiores a 8%, observa-se queda acentuada da resistência à compressão, acompanhando o aumento expressivo da absorção de água e do índice de vazios discutidos anteriormente. As argamassas com 9% e 10% de substituição apresentaram resistências médias inferiores a 22 MPa, associadas a elevados índices de vazios, o que evidencia a deterioração da microestrutura da matriz cimentícia. Esse comportamento pode ser atribuído ao aumento da fração orgânica, que tende a intensificar a higroscopicidade do sistema, elevar a conectividade dos poros e reduzir a quantidade efetiva de ligante hidráulico disponível, interferindo negativamente na coesão interna do material (SILVA *et al.*, 2022).

Assim, a análise conjunta das propriedades físicas e mecânicas indica que a incorporação do pó da casca de melancia promove alterações graduais na microestrutura das argamassas. Em baixos teores, predominam mecanismos físicos de densificação e preenchimento de vazios, enquanto em teores elevados o aumento da porosidade e da absorção de água passa a governar o comportamento mecânico, resultando em perdas significativas de resistência.

Os ensaios foram realizados em corpos de prova cilíndricos de 50 × 100 mm, sob condições de cura controladas, representando o comportamento do material em escala laboratorial. Dessa forma, embora os resultados forneçam indicativos consistentes da relação entre porosidade e resistência, recomenda-se cautela na extrapolação direta para aplicações em escala real.

3.4 Síntese dos resultados e implicações técnicas e ambientais

De forma integrada, os resultados indicam que o pó da casca de melancia

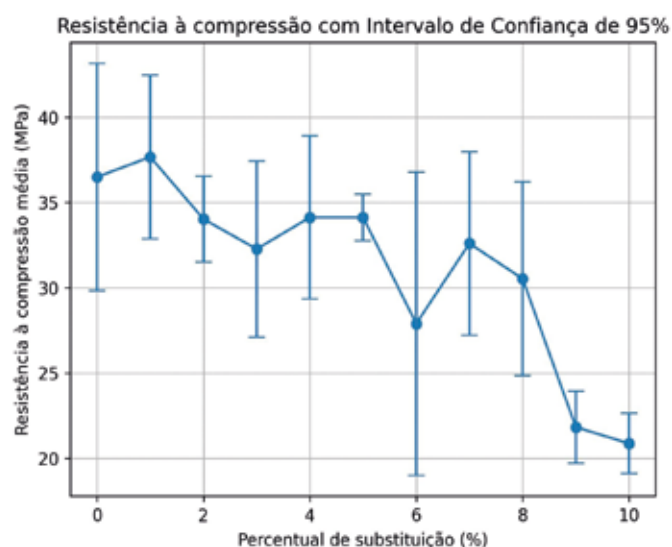


FIGURA 6

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO COM INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%

FONTE: AUTOR

pode ser incorporado à argamassa em teores moderados sem comprometer suas propriedades fundamentais. O intervalo de substituição entre 1% e 7% mostrou-se tecnicamente viável, conciliando resistência mecânica satisfatória, trabalhabilidade adequada e absorção de água dentro de limites aceitáveis.

Do ponto de vista ambiental, a substituição parcial do cimento contribui diretamente para a redução das emissões de CO₂ associadas à produção do cimento Portland, além de promover a valorização de um resíduo agroindustrial amplamente descartado. Essa abordagem está alinhada aos princípios da economia circular e da construção sustentável.

Entretanto, o estudo apresenta limitações inerentes à escala laboratorial, ao número restrito de parâmetros de durabilidade avaliados e à ausência de ensaios de longo prazo. Dessa forma, recomenda-se que investigações futuras explorem diferentes relações água/cimento, o uso combinado de aditivos químicos, ensaios de durabilidade acelerada e avaliações microestruturais, visando ampliar a compreensão do comportamento do material em condições reais de serviço.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou experimentalmente a incorporação do pó da casca de melancia como substituinte parcial do cimento Portland em argamassas, considerando os parâmetros de trabalhabilidade, absorção de água e resistência à compressão, em condições controladas de laboratório.

Os resultados indicaram que a substituição de 1% do cimento pelo pó da casca de melancia promoveu leve incremento da resistência à compressão em relação à argamassa de referência, comportamento associado principalmente a efeitos físicos de preenchimento de vazios. Para teores de substituição entre 2% e 7%, os valores de resistência permaneceram próximos aos do traço de referência, indicando que, nesse intervalo, a incorporação do resíduo não compromete de forma significativa o desempenho mecânico da argamassa.

Para teores superiores a 8%, observou-se redução acentuada da resistência à compressão, acompanhada por aumento da absorção de água e do índice de vazios, comportamento atribuído à maior fração orgânica do material e à sua elevada capacidade de retenção hídrica.

No que se refere à trabalhabilidade, verificou-se que baixos teores de substituição favoreceram discretamente a fluidez da mistura, enquanto teores mais elevados resultaram em perda progressiva de consistência, em função da absorção de água pelo resíduo.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a incorporação do pó da casca de melancia em argamassas é tecnicamente viável em substituições limitadas, particularmente em torno de 1%, podendo ser estendida até aproximadamente 7% sem prejuízos relevantes às propriedades avaliadas, desde que destinada a aplicações não estruturais e mantidas as condições de dosagem e cura adotadas neste estudo.

Ressalta-se que as conclusões se restringem às condições experimentais investigadas, não tendo sido realizada caracterização físico-química do resíduo nem ensaios de durabilidade de longo prazo. Estudos futuros devem contemplar a caracterização do material, diferentes relações água/cimento, o uso de aditivos químicos e análises microestruturais, a fim de ampliar a compreensão do comportamento do composto em condições reais de serviço. 

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARAÚJO, R. S. et al. Potential use of agro-industrial wastes in sustainable construction materials: A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 345, p. 130-985, 2022.
- [2] GONÇALVES, L. F. et al. Influence of agricultural residues on concrete mechanical properties and durability. *Materials Today: Proceedings*, v. 45, p. 5614-5620, 2021.
- [3] LOPES, M. R. et al. Effect of watermelon peel powder addition on the properties of concrete: Mechanical and durability assessment. *Construction and Building Materials*, v. 313, p. 125457, 2023.
- [4] MALHOTRA, V. M. Sustainable construction materials: A comprehensive review. *Cement and Concrete Composites*, v. 24, n. 2, p. 127-138, 2002.
- [5] NASCIMENTO, T. M. et al. Characterization of watermelon peel waste and its potential as supplementary cementitious material. *Journal of Cleaner Production*, v. 253, p. 119-745, 2020.
- [6] SCRIVENER, K. L. et al. Cement production and CO₂ emissions - sustainability challenges and solutions. *Cement and Concrete Research*, v. 114, p. 2-26, 2018.
- [7] SILVA, P. R. et al. Influence of organic residues on cement hydration and concrete properties. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 34, n. 6, p. 040-210-56, 2022.
- [8] SULTANA, R. et al. Impact of natural fibers on the mechanical properties of concrete composites. *Construction and Building Materials*, v. 223, p. 238-247, 2019.
- [9] VIERA, A. C. et al. Water absorption and microstructural analysis of concretes with agricultural waste additions. *Construction and Building Materials*, v. 279, p. 122-489, 2021.
- [10] ZHANG, Y. et al. Pozzolanic activity of agricultural waste ashes and their impact on concrete properties. *Journal of Materials Science*, v. 55, n. 18, p. 7890-7903, 2020.