

VIABILIDADE DO USO DO CAROÇO DA AZEITONA EM ARGAMASSA AUTOADENSÁVELAna Helena Placidino L. Gonçalves¹ (IC), Valquíria C. dos Santos (PQ)¹¹Universidade Federal de Itajubá.**Palavras-chave:** Argamassa. Materiais alternativos. Resíduo do caroço de azeitona. Sustentabilidade.**Introdução**

De acordo com Losekann (2024), o setor da construção civil é um dos maiores emissores de gases de efeito estufa, sendo responsável por 6% das emissões no Brasil e 37% globalmente. Essa elevada taxa de poluição está associada principalmente ao uso de materiais não renováveis e de alto impacto ambiental, o que reforça a urgência de práticas mais sustentáveis.

Nesse contexto, a pesquisa propõe explorar o caroço de azeitona, subproduto da extração do azeite, como alternativa para a indústria da construção. Considerando que suas características físicas se assemelham às de um agregado miúdo, o material apresenta potencial para ser incorporado em matrizes cimentícias, conforme apontado por Boubakour et al. (2023), que demonstraram a viabilidade de sua aplicação em argamassas leves, contribuindo para a redução da massa específica e para a melhoria do isolamento térmico.

A metodologia consiste em utilizar o caroço de azeitona triturado como substituto parcial do agregado miúdo em argamassa autoadensável, produzida com aditivos como superplastificante e metacaulim para garantir homogeneidade e prevenir segregação. Segundo GOMES E BARROS (2009), esse tipo de argamassa dispensa compactação mecânica, apresentando alta trabalhabilidade e capacidade de preencher moldes e superfícies uniformemente.

Para validar o uso do caroço de azeitona, o estudo determinou a proporção ideal em substituições de 15%, 20% e 30% em massa. As análises incluíram massa específica e coeficiente de inchamento do agregado miúdo. Além disso, as análises abrangeram o estado fresco, com testes de massa específica aparente, espalhamento e Funil V, e o estado endurecido, avaliando a resistência à compressão e o módulo de elasticidade dinâmico.

Metodologia**2.1 Massa específica para os agregados miúdos**

Os ensaios de massa específica seguem a NBR 16916 (ABNT, 2021) para agregados miúdos, determinando densidade (g/cm^3) por meio de preparação, saturação e pesagem da amostra. Para o caroço passante na peneira de 2 mm, utilizou-se a NBR 17212 (ABNT, 2025), devido à sua maior rigidez e menor absorção de água, características que impedem o desmoronamento correto no ensaio do cone. Esta norma é mais adequada para materiais menos porosos, garantindo resultados precisos em g/cm^3 e uma avaliação confiável das propriedades físicas do caroço.

2.2 Definição do traço

A dosagem da argamassa foi baseada no Método de Gomes e, também, no trabalho de Souza (2024), realizado na UNIFEI, que utilizou recursos naturais para substituir parcialmente o agregado miúdo por borra de café em argamassa autoadensável. Nesta pesquisa, o material substituinte foi o caroço de azeitona, e a quantidade de agregado miúdo foi ajustada com base no coeficiente de inchamento calculado, diferenciando-se do estudo anterior.

De acordo com a NBR 6467 (ABNT, 2006), o ensaio de inchamento é essencial, pois a umidade aumenta o volume aparente do agregado miúdo, podendo alterar a mistura e comprometer resistência, retração e trabalhabilidade. O uso do coeficiente de inchamento permitiu definir a quantidade adequada de agregado miúdo, resultando em uma redução de cerca de 7,71% em relação ao estudo de Souza (2024).

A partir desse valor, foram definidos os traços com substituições parciais: T15 (15%), T20 (20%) e T30 (30%). Sendo assim, as quantidades de cimento, metacaulim, superplastificante com 1,03%, agregado miúdo e água para cada traço, respectivamente são: T0 com 1:0,05:0,01:1,69:0,45; T15 nas proporções de 1:0,05:0,01:1,44:0,45; T20 em 1:0,05:0,01:1,35:0,45 e T30 em 1:0,05:0,01:1,18:0,45. Além disso, a quantidade dos materiais não foi modificada ao longo das substituições, exceto a do agregado miúdo. Com todos os traços estabelecidos, prepararam-se as argamassas para

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

os ensaios no estado fresco e, em seguida, foram moldados cinco corpos de prova para cada traço.

2.3 Propriedades nos estados fresco e endurecido

As argamassas foram avaliadas no estado fresco (massa específica aparente, espalhamento e Funil V) e, após 28 dias de cura em água, testadas no estado endurecido quanto à compressão axial e ao módulo de elasticidade dinâmico.

2.3.1 Massa específica aparente

Como não existe uma norma específica para determinar a massa específica aparente da argamassa e índice de ar, utilizou-se a NBR 9833 (ABNT, 2008) como referência.

2.3.2 Determinação do espalhamento

O ensaio de espalhamento, segundo GOMES E BARROS (2009), avalia o espalhamento e o tempo de escoamento da argamassa autoadensável para determinar sua trabalhabilidade e fluidez, utilizando um cone metálico padronizado. Após o preenchimento sem adensamento mecânico e a retirada vertical do cone, mede-se o diâmetro em duas direções perpendiculares, cuja média indica o valor do espalhamento, permitindo também, segundo Okamura et al. (2000), calcular o índice de espalhamento relativo (Gm).

2.3.3 Funil V

O ensaio do Funil V, também descrito por GOMES E BARROS (2009), avalia a fluidez da argamassa e identifica possíveis segregações. O funil é preenchido sem adensamento, mantido com a saída inferior fechada e, ao ser aberta, a argamassa escoar apenas pela ação da gravidade, registrando-se o tempo total de escoamento como tempo de fluxo do ensaio. Já Okamura et al. (2000) apontam que, a partir desse tempo medido em segundos, é possível calcular o valor do escoamento relativo (Rm).

2.3.4 Módulo de elasticidade dinâmico

O ensaio é normatizado pela NBR 8522, Parte 2 (ABNT, 2021c) e utiliza um método não destrutivo para determinar o módulo de elasticidade dinâmico por meio das frequências naturais de vibração, realizado após 28 dias da moldagem.

2.3.5 Compressão axial

O ensaio seguirá a NBR 5739 (ABNT, 2018) para determinar a resistência à compressão da argamassa endurecida usando uma máquina universal de ensaios mecânicos.

Para este artigo, utilizaram-se o mesmo tipo de cimento e de metacaulim empregados no estudo de Souza (2024), adotando também os resultados obtidos por ele nos ensaios de massa específica, sendo o cimento de 2,93 g/cm³ e o metacaulim de 2,56 g/cm³.

3.1.2 Superplastificante

Para o superplastificante, o valor da sua massa específica foi encontrado no próprio site do fabricante (ADITIBRAS, 2021) de 1,060 g/cm³.

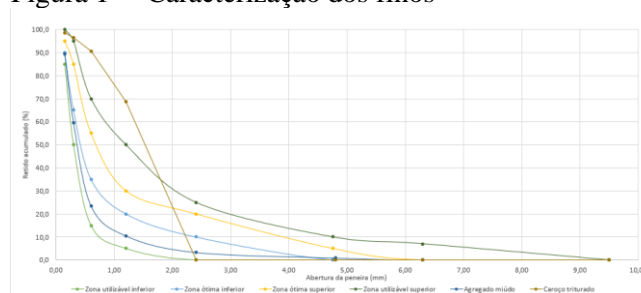
3.1.3 Granulometria do agregado miúdo

No estudo em questão, utilizou-se o mesmo agregado miúdo de Souza (2024). O agregado deste trabalho se enquadrou na Zona Utilizável (Figura 1), de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2022), enquanto o de Souza (2024) apresentou curva granulométrica mais próxima da Zona Ótima. Ambos são finos, com pequenas diferenças nos parâmetros: módulo de finura de 1,87 e 2,2, e massa específica de 2,38 g/cm³ e 2,67 g/cm³, neste trabalho e no estudo de Souza (2024), respectivamente. Além disso, foi obtido o coeficiente de inchamento de 36%.

3.1.4 Granulometria do caroço triturado

O ensaio de caracterização também foi aplicado ao caroço de azeitona triturado, com resultados apresentados na Figura 1. O gráfico mostra que, inicialmente, a curva ultrapassa os limites de todas as zonas, mas depois decresce gradualmente até se alinhar com a Zona Utilizável Inferior.

Figura 1 – Caracterização dos finos



Fonte: autoria própria (2025)

Essa diferença granulométrica pode ser explicada pelo módulo de finura do caroço, que apresentou um valor de 3,54. Devido à rigidez das partículas, não foi possível triturar o caroço a um tamanho menor para se enquadrar na mesma finura do agregado miúdo, o que fez com que a curva granulométrica resultante ficasse mais afastada da curva do agregado substituído. Além disso, a densidade do material foi de 1,29 g/cm³.

3.2 Ensaios no estado fresco

3.2.1 Massa específica aparente e índice de ar

Os ensaios, realizados conforme a NBR 9833 (ABNT, 2008), mostraram que a massa específica

Resultados e discussão

3.1 Caracterização dos materiais

3.1.1 Materiais finos

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

aparente e o índice de ar foram, respectivamente: T0 (base) – 2028,83 kg/m³ e 0,105%; T15 – 1842,48 kg/m³ e 0,116%; T20 – 1760,18 kg/m³ e 0,121%; e T30 – 1871,25 kg/m³ e 0,114%.

3.2.2 Espalhamento e Funil V

Como a NBR 15823 (ABNT, 2017) apresenta apenas ensaios para concreto autoadensável, optou-se por seguir a metodologia de GOMES E BARROS (2009), que descreve de forma clara os testes em estado fresco para argamassa autoadensável. No ensaio de espalhamento, o cone foi preenchido com a argamassa e levantado lentamente, permitindo o espalhamento uniforme do material sobre a placa. As medições foram feitas em dois diâmetros: d1 (vertical) e d2 (horizontal).

Este procedimento foi realizado para todos os traços previamente descritos, sendo feita uma média entre as leituras nas direções vertical e horizontal. Os resultados de diâmetro médio e índice de espalhamento relativo, respectivamente, foram para cada traço: T0 (base) – 265 mm e 6,02 mm; T15 – 275 mm e 6,56 mm; T20 – 180 mm e 2,24 mm; e T30 – 130 mm e 0,69 mm.

De acordo com o índice de espalhamento relativo (Gm), apenas os traços T0 e T15 atenderam aos critérios da literatura, com resultados entre 3 e 7 mm. O traço T30 apresentou menor valor, indicando baixa deformabilidade.

Em seguida, foi realizado o ensaio do Funil V. A massa finalizada foi depositada de forma uniforme no funil até cobrir toda a sua área. Logo em seguida, ao mesmo tempo que a trava é aberta, o cronômetro é ligado para contar quanto tempo toda a massa dentro do recipiente é escoada.

Os resultados de tempo de escoamento e escoamento relativo (Rm), respectivamente, foram: T0 (base) – 6,28 s e 1,59; T15 – 10,8 s e 0,93; T20 – 46,48 s e 0,22; e T30 – 139 s e 0,07. Sendo assim, apenas o traço base se enquadrava nos valores entre 1 e 5 de Rm indicados pela literatura.

Comparando os traços, o traço base e o T15 (com 15% de substituição) apresentaram bom desempenho nos ensaios, com resultados dentro dos limites estabelecidos pela literatura. Já os traços T20 e T30 tiveram desempenho inferior, com valores muito distantes dos recomendados. O T15 foi o que mais se adequou, mesmo com leve variação no tempo do Funil V. O T20 ficou 20 mm abaixo do mínimo exigido em viscosidade e teve tempo 4 vezes maior no Funil V. O T30 teve o pior desempenho, com 70 mm abaixo do mínimo e tempo 10 vezes maior no Funil V. Apesar disso, todos os traços foram moldados em corpos de prova sem vibração ou compactação para análises futuras de resistência.

Resultados semelhantes foram observados por Boubakour et al. (2023), que também notaram perda de fluidez da massa com o aumento da substituição do caroço de azeitona.

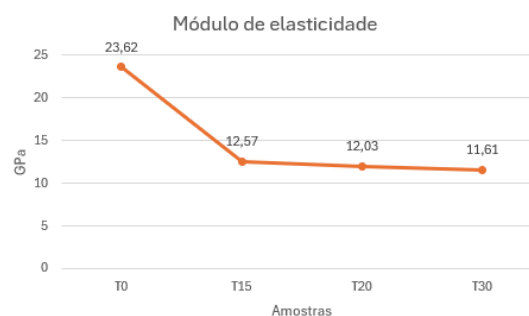
3.3 Ensaios no estado endurecido

Os ensaios no estado endurecido foram realizados após 28 dias de cura dos corpos de prova em água.

3.3.1 Módulo de elasticidade dinâmico

Como o ensaio de módulo de elasticidade dinâmico é não destrutivo, foi realizado primeiro para preservar os corpos de prova. Foram moldados cinco corpos de prova por traço, medidos em três posições cada, e a média dos resultados foi representada em um único gráfico (Figura 2) para facilitar a comparação.

Figura 2 – Resultados do módulo de elasticidade



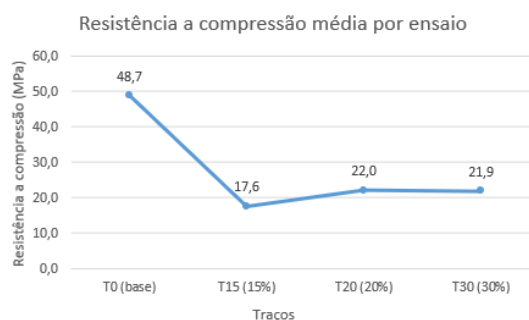
Fonte: autoria própria (2025)

Com isso, observa-se que quanto maior a substituição do caroço triturado pela areia, menor é o módulo de elasticidade. Dessa forma, o traço T0 gerou o material mais rígido e resistente à deformação sob carga dinâmica, apresentando o maior valor de módulo de elasticidade entre os traços analisados.

3.3.2 Compressão axial

O ensaio de compressão axial foi realizado em 20 corpos de prova (cinco por traço) na máquina universal de testes, e os resultados médios de cada traço foram organizados em um gráfico (Figura 3) para melhor visualização.

Figura 3 – Valores médios de resistência a compressão



Fonte: autoria própria (2025)

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

O traço base (T0), apresentou a maior resistência à compressão, 48,7 MPa. A substituição de 15% (T15) resultou em uma queda significativa, superior a 60%. Com 20% de substituição (T20), houve uma recuperação de 25%, alcançando 22 MPa, valor que se manteve estável no traço T30, com 21,9 MPa. Isso indica uma estabilização da resistência entre 20% e 30% de substituição, sugerindo melhor adaptação do material nesse intervalo. Diferente do estudo de Boubakour et al. (2023), onde o aumento da substituição sempre reduziu a resistência. Com isso, a trituração mais grosseira do caroço neste trabalho pode justificar os resultados distintos, já que no estudo citado a granulometria era mais próxima à da areia.

Conclusões

O presente estudo teve como objetivo avaliar a utilização do caroço de azeitona triturado como agregado em argamassas, substituindo parcialmente o agregado miúdo comum em proporções de 15%, 20% e 30%, como alternativa sustentável e econômica para o aproveitamento de resíduos da olivicultura. As argamassas foram caracterizadas quanto às propriedades físicas e mecânicas, sendo observado nos ensaios em estado fresco que o aumento da substituição reduziu a viscosidade e a trabalhabilidade, especialmente nos traços de 20% e 30%, quando comparados aos parâmetros ideais definidos por GOMES E BARROS (2009).

Nos ensaios em estado endurecido, verificou-se uma diminuição sistemática das propriedades mecânicas com o aumento da substituição, destacando-se uma redução de mais de 80% no módulo de elasticidade dinâmico e de mais de 60% na resistência à compressão em relação ao traço base, indicando menor rigidez e maior suscetibilidade a deformações. Essa perda de desempenho pode ser explicada pela diferença de granulometria entre o caroço, mais grossa, e o agregado miúdo, além das características orgânicas do material.

Para estudos futuros, sugere-se a utilização de substituições inferiores a 15%, a investigação de aditivos compatíveis que possam melhorar a resistência do composto cimentício e, se possível, tentar reduzir a espessura do grão do caroço para aproximá-lo mais à granulometria do agregado miúdo.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade de desenvolver este trabalho. À CNPq, órgão financiador da minha bolsa, por todo o apoio

fundamental para a realização desta pesquisa. Um agradecimento especial à professora Valquíria, pela orientação e paciência, e aos técnicos Fabiano e Fagner, por toda a ajuda prestada no laboratório. Por fim, dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram e apoiaram em minha jornada acadêmica.

Referências

ABNT. NBR 16916: Agregados miúdos - Determinação da massa específica e absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT. NBR 17212: Solos - Determinação da massa específica dos sólidos da fração passante na peneira com abertura de 2,0 mm. Rio de Janeiro, 2025.

ABNT. NBR 6467: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. NBR 9833: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 3a. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT. NBR 15823: Concreto autoadensável - Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT. NBR 8522-Parte 2: Concreto endurecido - Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação - Parte 2: Módulo de elasticidade dinâmico pelo método das frequências naturais de vibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2021c.

ABNT. NBR 7211: Agregados para concreto - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022b.

ADITIBRAS. Superplastificantes. Disponível em: <https://aditibras.com.br/superplastificantes/>. Acesso em: 3 mar. 2025.

Boubakour, S., Kherraf, L., Hebhouh, H., Messaoudi, K., & Boukhatem, G. (2023). Characterization of Lightweight Mortars with Cork and Olive Stone Waste for Old Building Rehabilitation. *Annales de Chimie: Science Des Materiaux*, 47(3), 179 – 185. <https://doi.org/10.18280/acsm.470307>.

GOMES, P.; BARROS, A. Método de dosagem de concreto autoadensável. 1a. ed. São Paulo: Pini, 2009.

LOSEKANN, G. Poluição na construção civil. PREVISION. Florianópolis- SC, 2024 Disponível em: <https://prevision.com.br/blog/poluicao-na-construcao-civil/#:~:text=Em%20n>. Acesso em: 20 de março de 2025.

OKAMURA, H.; OUCHI, M. Self-compacting concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, Tokyo, vol. 1, n. 1, p. 5-15, abr. 2003.

SOUZA, Maria Eduarda Silva de. Ensaio acerca da substituição parcial de areia em argamassa autoadensável por borra de café. Relatório de Iniciação Científica (PIBIC CNPq) – Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2024.