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.v21i1.9007

Argamassas leves: estudo comparativo entre o uso de bioagregados e a vermiculita expandida

Lightweight mortars: a comparative study of bioaggregates and expanded vermiculite

Marcelo Ramos Netto
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | marcelo.netto@acad.ufsm.br
Alexandre Silva de Vargas
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | alexandre.vargas@ufsm.br
Karina Trevisan Latosinski
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | karina.latosinski@ufsm.br
João Paulo de Castro Gomes
Universidade da Beira Interior | Covilhã | Portugal | castro.gomes@ubi.pt

Resumo

A construção civil é responsável por elevado consumo de recursos naturais, impulsionando o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis. Nesse contexto, resíduos orgânicos vêm sendo investigados como bioagregados aplicados à produção de argamassas leves. Esse estudo avaliou o efeito do tratamento térmico em argamassas contendo vermiculita expandida e agregados à base de caroços de dendê e de pêssego nos estados fresco e endurecido. Foram produzidas composições com substituição do agregado miúdo nos teores de 25% e 100% submetidas a ensaios de densidade de massa, resistência à compressão axial e condutividade térmica aos 28 e 180 dias. Os resultados indicaram que as composições com substituição parcial de 25% apresentaram melhor equilíbrio entre desempenho físico, mecânico e térmico, demonstrando potencial de aplicação em argamassas leves sustentáveis.

Palavras-chave: Argamassa. Tratamento térmico. Caroço de dendê. Caroço de pêssego.

Abstract

The construction industry is responsible for high consumption of natural resources, driving the development of more sustainable materials. In this context, organic waste has been investigated as bio-aggregates for use in the production of lightweight mortars. This study evaluated the effect of heat treatment on mortars containing expanded vermiculite and aggregates made from oil palm and peach pits in both fresh and hardened states. Compositions were produced with fine aggregate replacement at 25% and 100% levels and subjected to tests for bulk density, axial compressive strength, and thermal conductivity at 28 and 180 days. The results indicated that the mixtures with 25% partial replacement exhibited a better balance between physical, mechanical, and thermal performance, demonstrating potential for application in sustainable lightweight mortars.

Keywords: Mortar. Heat treatment. Palm kernel. Peach pit.

NETTO, M. R.; VARGAS, A. S.; LATOSINSKI, K. T.; GOMES, J. P. C. Argamassas leves: estudo comparativo entre o uso de bioagregados e a vermiculita expandida. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.9007

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está entre os setores de maior consumo de recursos naturais e geração de impactos ambientais, especialmente em função da elevada demanda por agregados minerais e do consumo energético associado à produção de materiais cimentícios. Nesse contexto, estratégias voltadas à economia circular e ao reaproveitamento de resíduos agroindustriais têm recebido crescente atenção no desenvolvimento de materiais alternativos para o ambiente construído, buscando reduzir impactos ambientais e ampliar a eficiência no uso de recursos naturais [1] [2]. Entre tais resíduos, destacam-se os bioagregados lignocelulósicos devido à sua baixa densidade, elevada porosidade e potencial de isolamento térmico. Estudos recentes indicam que resíduos vegetais podem contribuir para a produção de compósitos cimentícios leves com propriedades adequadas para aplicações não estruturais, além de favorecerem a redução da massa específica e da condutividade térmica das matrizes [1, 3]. Nesse cenário, resíduos como caroços de dendê e caroços de pêssego apresentam potencial de aproveitamento tecnológico, especialmente por serem materiais frequentemente descartados sem destinação adequada e possuírem estrutura capaz de influenciar diretamente a microestrutura e o desempenho de argamassas.

Além dos benefícios ambientais, os bioagregados podem contribuir para a eficiência energética das edificações devido à sua elevada porosidade, que reduz a transferência de calor. Entretanto, essa característica também pode afetar negativamente as propriedades mecânicas e a interface agregado-pasta, tornando necessária a compreensão dos mecanismos físicos e microestruturais associados [1, 2, 3, 4].

Embora existam pesquisas envolvendo resíduos orgânicos aplicados à construção civil, ainda são limitados os estudos comparativos capazes de relacionar diferentes morfologias de bioagregados e suas características podem influenciar diretamente o comportamento físico e mecânico das argamassas leves submetidas ou não ao tratamento térmico dos agregados. Diante desse contexto, o presente estudo visa avaliar o comparativamente o desempenho físico, mecânico e térmico de argamassas leves produzidas com substituição parcial e total da vermiculita expandida por bioagregados à base de caroços de dendê e de pêssego, analisando ainda o efeito do pré-tratamento térmico desses agregados utilizados, inclusive da vermiculita expandida para efeito de comparação. O intuito do pré-tratamento térmico era o de reduzir a umidade superficial dos bioagregados, com base na absorção de água que estes agregados apresentam na literatura [2, 6] e, com isso, proporcionar uma melhora na interface matriz-agregado.

ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

O caroço de dendê, foi obtido por doação de uma indústria do município de Nilo Peçanha na Bahia/BA. Já o caroço de pêssego foi obtido por doação de uma empresa do ramo de doces, do município de Morro Redondo/RS. O agregado leve utilizado foi a vermiculita expandida utilizada. A caracterização física e granulométrica de todos os agregados foi realizada para o bioagregado sendo determinadas: a massa específica, massa unitária e a absorção em 24 h com base nas normas: NBR 16605 [7], NBR NM 45 [8] e da NBR 16916 [9], respectivamente. Para obtenção da dureza dos bioagregados, foi utilizada a técnica de microdureza *Vickers* conforme a ASTM E

384 [10], utilizando o equipamento Buheler Micromet 6010 Digital, com embutimento à quente, e seus resultados são vistos na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização dos agregados empregados

Peneiras, ensaios e técnicas	Vermiculita	Dendê	Pêssego
4,75 mm (% retida acumulada)	0	0	0
2,36 mm (% retida acumulada)	1	1	4
1,18 mm (% retida acumulada)	64	42	48
0,60 mm (% retida acumulada)	87	65	67
0,30 mm (% retida acumulada)	97	85	92
0,15 mm (% retida acumulada)	99	99	98
Fundo	100	100	100
Dimensão Máxima Característica (DMC)	2,36 mm	2,36 mm	2,36
Módulo de Finura (MF)	3,47	2,92	3,09
Massa Específica (g/cm³) / Classificação	1,10 Agregado leve	1,38 Agregado leve	1,35 Agregado leve
Massa Unitária (g/cm³)	0,13	0,73	0,75
Índice de vazios (%)	88,16	45,54	45,82
Absorção de água em 24 h (%)	21,40	10,20	16,17
Microdureza *Vickers (HV)*	-	20,30	24,68

Fonte: os autores.

Com base na NBR 9935 [11], ambos bioagregados são classificados como agregados leves. Utilizou-se como aglomerante o cimento Portland IV – 32 (CP IV) e sua massa específica determinada em conformidade a NBR 16605 [7] foi de 2,78 g/cm³. Na confecção das argamassas, empregou-se água oriunda da rede de abastecimento do município de Alegrete/RS e, quando necessário, aditivo redutor de água, composto por lignosulfatos e naftalenos e de massa específica 1,185g/cm^3.

PROCEDIMENTOS

Os caroços foram lavados, secos ao ar, cominuídos e classificados granulometricamente conforme a NBR 7211 [12]. O processo de cominuição foi realizado em triturador, do tipo TRAPP, modelo TRF 400 SUPER, com peneiras de 2 mm e 3 mm.

Para o tratamento térmico, aqui identificado como pré-tratamento, os agregados foram mantidos por meia hora em estufa na temperatura de 60 °C, tal como nas pesquisas de Yew *et al*. [3] e Traore *et al.* [1] e o equipamento utilizado foi a estufa de secagem, da marca DeLeo, modelo A5 DIG.

Os traços foram elaborados na proporção 1:3, em massa (cimento: agregado miúdo). A produção das argamassas foi condicionada a determinar consistência de 260 ± 20 mm e, quando necessário, utilizou-se aditivo redutor de água para o controle da trabalhabilidade. Assim, foi determinada a relação a/c que inicialmente foi testada com 0,48, no entanto para obter a consistência desejada a relação a/c atribuída foi

de 1,65, com percentual de 44,23% de umidade em relação aos materiais secos e o consumo de cimento de 211,12 Kg/ m^3.

A substituição da vermiculita expandida por bioagregado (caroço de dendê e de pêssego cominuído) foi realizada nos teores 25% e 100%, em volume, para cada faixa granulométrica da vermiculita expandida, devido às diferenças de massa específica dos materiais. As porcentagens estabelecidas se deram com base na literatura quanto a substituição parcial [1] [5], já a substituição total se deu no intuito de entender os resultados com o aumento de percentual de substituição e seu impacto nos resultados observados. A Tabela 2 apresenta as dosagens avaliadas:

Tabela 2: Dosagem das argamassas produzidas sem e com o tratamento térmico da vermiculita expandida e do agregado de base biológica

Identificação	Aditivo redutor de água (%)	Índice de consistência (mm)	Traço em volume [C^1: V^2: B^3 + a/c^4]	Densidade de massa (Kg/m^3)
REF	1,5	269	1: 7,58: 0 + 1,65	1270
D25%	1,0	280	1: 5,69: 1,89 + 1,65	1300
D100%	0	255	1: 0: 7,58 + 1,65	1360
P25%	1,0	246	1: 5,69: 1,89 + 1,65	1290
P100%	0	243	1: 0: 7,58 + 1,65	1330
REF_T	1,5	260	1: 7,58: 0 + 1,65	1270
D25%_T	1,0	278	1: 5,69: 1,89 + 1,65	1300
D100%_T	0	280	1: 0: 7,58 + 1,65	1360
P25%_T	1,0	246	1: 5,69: 1,89 + 1,65	1290
P100%_T	0	266	1: 0: 7,58 + 1,65	1330

Legenda: D – Dendê; P – Pêssego; T – Tratamento térmico
1 – Cimento; 2 – Vermiculita Expandida; 3 – Bioagregado; 4 – Relação a/c

Fonte: os autores.

A mistura foi realizada em argamassadeira eletromecânica em etapas sequenciais de homogeneização dos materiais secos e líquidos até obtenção de argamassa homogênea.

AVALIAÇÕES

No estado fresco, foram avaliados a densidade de massa e o índice de consistência conforme as normas NBR 13278 [13] e NBR 13276 [14] respectivamente. No estado endurecido, determinaram-se a resistência à compressão axial aos 28 e 180 dias, segundo a NBR 13279 [15], e a condutividade térmica das composições produzidas. Para cada idade, foram moldados cinco corpos de prova prismáticos. As análises térmicas foram realizadas em placas cimentícias, com moldes de madeira com as seguintes dimensões: 15 × 15 × 2 cm, utilizando o equipamento *Laser Comp NESLAB Thermo Flex* 900. A cura das amostras ocorreu em ambiente interno, sem controle de temperatura. As avaliações aos 180 dias foram realizadas devido à natureza orgânica dos bioagregados e a verificação de uma possível decomposição ou decréscimo de resultados, em especial do comportamento mecânico.

Os resultados de resistência à compressão axial foram submetidos à análise estatística por análise de variância (ANOVA), utilizando teste F (Fischer), com fator duplo (idade de cura x argamassas produzidas) com repetição e intervalo de

confiança de 95 %. Quando identificadas diferenças significativas, através do ANOVA, aplicou-se o teste de *Tukey,* do tipo etapa única para comparação múltipla das médias e definir onde ocorriam as diferenças.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ESTADO FRESCO

As argamassas produzidas apresentaram densidades de massa inferiores a 1400 kg/m³, sendo classificadas como argamassas leves conforme Carasek [16] e NBR 13281 [17][18]. Esse comportamento pode estar associado às características físicas dos agregados utilizados, especialmente à baixa massa específica da vermiculita expandida (1,10 g/cm³) e dos bioagregados à base de caroço de dendê (1,38 g/cm³) e caroço de pêssego (1,35 g/cm³), classificados como agregados leves.
Além da baixa densidade, os elevados índices de vazios observados para a vermiculita expandida (88,16%) e os bioagregados (aproximadamente 45%) contribuíram para a redução da massa específica das argamassas e para a incorporação de ar na matriz cimentícia. Observou-se ainda que as misturas contendo bioagregados demandaram menor teor de aditivo redutor de água, comportamento associado à menor absorção de água dos agregados de dendê e pêssego em comparação à vermiculita expandida.

ESTADO ENDURECIDO

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes às matrizes cimentícias produzidas. Os resultados de resistência à compressão axial demonstraram redução progressiva da resistência mecânica com o aumento do teor de substituição da vermiculita expandida pelos bioagregados. Estes resultados podem estar associados ao possível efeito dos compostos orgânicos (lignina, celulose e hemicelulose) nos bioagregados conforme literatura [3] [1] e possivelmente atrelados a relação entre o índice de vazios (alto) apresentado pelos agregados leves e a resistência mecânica das argamassas. Além disso, o comportamento possivelmente está associado às características físicas dos agregados empregados, especialmente à elevada porosidade e aos menores valores de massa unitária dos bioagregados, fatores que tendem a aumentar a heterogeneidade da matriz cimentícia e da zona de transição interfacial (interação entre agregado e pasta).

Tabela 3: Resultados de resistência à compressão axial e condutividade térmica das argamassas sem e com o pré-tratamento térmico

Identificação	Resistência à compressão axial (MPa)	Desv. Pad.(MPa)	Condutividade térmica (W / m. K)
REF	1,61 (28 dias) – AAF	0,14	0,14
	1,86 (180 dias) – AAF	0,09	0,12
D25%	1,28 (28 dias)	0,07	0,16
	1,29 (180 dias)	0,04	0,15
D100%	0,45 (28 dias)	0,05	0,15
	0,55 (180 dias)	0,03	0,14
P25%	1,28 (28 dias)	0,08	0,16
	1,29 (180 dias)	0,03	0,15
P100%	0,55 (28 dias)	0,05	0,13
	0,70 (180 dias)	0,03	0,13
REF_T	2,37 (28 dias) – AAF, AAV	0,07	0,15
	2,46 (180 dias) – AAF, AAV	0,05	0,15
D25%_T	1,89 (28 dias) – AAF	0,06	0,15
	1,90 (180 dias) – AAF	0,05	0,14
D100%_T	0,70 (28 dias)	0,07	0,16
	0,73 (180 dias)	0,09	0,14
P25%_T	1,64 (28 dias) – AAF	0,07	0,14
	1,68 (180 dias) – AAF	0,05	0,14
P100%_T	0,86 (28 dias) – AAF	0,06	0,15
	0,90 (180 dias) – AAF	0,09	0,16

AAF: argamassa para fixação de alvenaria, 1,5 MPa ≤ Fa ≤ 5,0 MPa
AAV: argamassa de vedação, 2,0 MPa ≤ Fa ≤ 5,0 MPa

Fonte: os autores.

As composições com substituição de 25% apresentaram desempenho mecânico intermediário, indicando melhor equilíbrio entre leveza e integridade mecânica. Já as substituições de 100% apresentaram as menores resistências, comportamento relacionado ao aumento da descontinuidade interna da matriz e à maior incorporação de vazios. Apesar disso, não foram observadas reduções de resistência entre 28 e 180 dias, indicando estabilidade das argamassas ao longo do período. Os maiores valores de microdureza observados para os agregados de pêssego podem ter contribuído para o desempenho mecânico ligeiramente superior das composições P100% em comparação às D100%.

As argamassas contendo agregados tratados termicamente apresentaram aumento de resistência em relação às composições sem tratamento. Esse comportamento pode estar relacionado à redução parcial da umidade superficial dos bioagregados e à melhoria da aderência entre agregado e pasta cimentícia, conforme discutido por Yew *et al.* [3] e Traore *et al.* [1].

A análise ANOVA indicou diferenças significativas entre as argamassas produzidas com bioagregados de dendê e de pêssego, tanto sem pré-tratamento quanto após tratamento térmico dos agregados, motivando a aplicação do teste de *Tukey*. Para as composições sem tratamento térmico, as argamassas de referência apresentaram comportamento estatisticamente semelhante às substituições parciais de 25% para o bioagregado de dendê, enquanto as substituições totais de 100% diferiram significativamente das demais composições. Já para os bioagregados de pêssego, as

argamassas de referência diferiram significativamente das demais, sem diferenças estatísticas entre as substituições de 25% e 100%.

Nas argamassas submetidas ao tratamento térmico, verificaram-se diferenças significativas entre todas as composições avaliadas. Os resultados demonstram que o teor de substituição e o pré-tratamento dos bioagregados influenciaram diretamente o desempenho mecânico das argamassas, refletindo a interação entre as propriedades dos agregados e a matriz cimentícia

Por fim, a incorporação dos bioagregados não promoveu alterações significativas na condutividade térmica das argamassas, mantendo valores entre 0,12 e 0,16 W/m.K. O comportamento pode ser associado à elevada porosidade e baixa densidade dos agregados leves, conforme observado por Alengaram *et al*. [19] e Wu [5] ao utilizarem agregados com base em caroços de dendê e de pêssego, respectivamente. Segundo ambos autores, as condutividades térmicas baixas estão diretamente associadas as massas específicas igualmente baixas dos caroços. Os valores obtidos foram semelhantes aos reportados por Barros [4] para argamassas leves contendo vermiculita expandida bem como as argamassas utilizadas nessa pesquisa como referência.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que a incorporação de bioagregados provenientes de caroços de dendê e pêssego possibilitou a produção de argamassas leves com potencial para aplicação em painéis leves, elementos não estruturais e argamassas de enchimento, apresentando reduzida densidade de massa e condutividade térmica. Esse comportamento está associado às características dos bioagregados, que contribuíram para a leveza das matrizes cimentícias e para o desempenho térmico das composições.

Em relação ao desempenho mecânico, observou-se redução da resistência à compressão com o aumento da substituição da vermiculita expandida pelos bioagregados, efeito relacionado ao incremento da porosidade e da heterogeneidade interna das argamassas. Entretanto, as composições com 25% de substituição apresentaram o melhor equilíbrio entre propriedades físicas, mecânicas e térmicas, conforme indicado pela ANOVA e pelo teste de Tukey. O tratamento térmico dos agregados promoveu aumento da resistência mecânica em todas as composições avaliadas, inclusive na mistura de referência.

Além dos aspectos técnicos, a utilização de resíduos agroindustriais como agregados leves contribui para a economia circular e para a redução do consumo de agregados minerais convencionais. Contudo, são necessários estudos complementares sobre durabilidade, comportamento microestrutural e desempenho em longo prazo, visando ampliar o conhecimento sobre a aplicação desses materiais em sistemas construtivos sustentáveis.

Declaração

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] TRAORE, Y. B. et al. Effect of oil palm shell treatment on the physical and mechanical properties of lightweight concrete. **Construction and Building Materials**, n.161. pp. 452-460. 2018.

[2] WU, F. et al. Comparative study of carbonized peach shell and carbonized apricot shell to improve the performance of lightweight concrete. Construction and Building Materials, n.188. pp. 758-771. 2018.

[3] YEW, K. M. et al. Effects of heat treatment on oil palm shell coarse aggregates for high strength lightweight concrete. Materials and Design, n.54. p. 702-707. 2014.

[4] BARROS, I. M. D. S. **Análise térmica e mecânica de argamassa de revestimento com adição de vermiculita expandida em substituição ao agregado**. 2018. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2018.

[5] RODRIGUES, C. S. et al. **Aproveitamento de cinzas de caroços de pêssego como substrato da construção civil**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. pp. 1031-1040. 2020.

[6] WU, F.; YU, Q.; LIU, C. Durability of thermal insulating bio-based lightweight concrete: Understanding of heat treatment on bio-aggegates. **Construction and Building Materials**, n.269. 2021.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605:2017** - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001. 5p.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:2006**. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 7p.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 16916**:**2021** – Agregado miúdo: Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.7p.

[10] *AMERICAN SOCIETY TESTING AND MATERIALS. ASTM E 384* – 1999-2000: ***Standard Thest Method for Microindentiation Hardness of Materials*****,** 2000.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9935: 2011 –** Agregados **–** Terminologia. Rio de Janeiro, 2011**.** 16p.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 7211:2022** – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2022. 5p.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13278:2005** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos– Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005. 8p.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13276:**2016 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos– Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016. 6p.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13279:2005** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos– Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005. 13p.

[16] CARASEK, H. **Materiais de construção civil**, capítulo 26 – Argamassa. Universidade Federal de Goiás, 2010.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13281-1:2023** – Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaios – Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro, 2023. 20p.

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13281-2:2023** – Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaios – Parte 2: Argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria. Rio de Janeiro, 2023. 11p.

[19] ALENGARAM, U. J. et al. Utilization of palm kernel shell as lightweight aggregate in concrete – A review. **Construction and Building Materials**. n.38. pp.161-172, 2013.