

**Avaliação tecnológica de argamassa de revestimento produzida com
vermiculita expandida**

Stella Bruna Ananias Affonso

Mestranda, UNESP, Brasil.
stella.affonso@unesp.br

Maximiliano dos Anjos Azambuja

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
m.azambuja@unesp.br

Recebido: 8 de março de 2024

Aceito: 16 de julho de 2024

Publicado online: 15 de setembro de 2024

RESUMO

A construção civil é atrelada a um alto consumo de recursos não-renováveis, a exemplo da areia, além da demanda energética envolvida nos processos de construção e utilização dos edifícios. Na busca de novas tecnologias para os materiais construtivos tradicionais, as argamassas cimentícias têm sido alteradas pela substituição da areia por agregados leves, a exemplo da vermiculita expandida. O objetivo do presente estudo é, portanto, analisar a resistência à tração na flexão de argamassas de revestimento produzidas a partir do traço 1:1:6 em volume e com 10% e 20% de substituição do agregado natural por vermiculita expandida, comparando-as com uma mistura de referência. A etapa experimental consistiu na caracterização dos agregados, confecção das argamassas, ensaios no estado fresco e ensaio de resistência à tração na flexão. De maneira geral, a substituição da areia por vermiculita expandida ampliou a resistência à tração na flexão, aumentou a densidade de massa no estado fresco e reduziu o índice de consistência. Conhecida por colaborar para melhorias no isolamento térmico e acústico, redução do peso estrutural, entre outros efeitos, a utilização da vermiculita em argamassas, a partir dos resultados, demonstrou potencial de utilização visto que não prejudicou significativamente o comportamento mecânico das misturas.

PALAVRAS-CHAVE: Agregado miúdo. Argamassa. Propriedades mecânicas.

1 INTRODUÇÃO

As argamassas, tradicionalmente formadas por aglomerante, agregado e água, com certa frequência, são modificadas através da substituição do agregado. Nos últimos anos, observou-se um aumento no número de trabalhos investigando a incorporação de agregados leves em argamassas. Os agregados leves, entre outras funções, são conhecidos por aumentar o índice de vazios e a porosidade e, ao mesmo tempo, reduzir a densidade e a condutividade térmica (Kwon *et al.*, 2015).

Para as argamassas destinadas ao revestimento de paredes e tetos, a NBR 13281-1 (ABNT, 2023) especifica os requisitos e os métodos de ensaio. Empregada, sobretudo, em busca de ampliar o isolamento térmico (Passos e Carasek, 2018), a vermiculita expandida tem apresentado bons resultados quando incorporada em argamassas.

No cenário geral da construção civil e, especificamente, em argamassas, pode contribuir, entre outras funções, para a redução do peso estrutural (Cintra, Paiva e Baldo, 2014).

A investigação acerca do uso da vermiculita representa uma importante ferramenta em busca de materiais cimentícios com melhor desempenho térmico e, portanto, construções com menor impacto no meio ambiente (Guilherme, 2019).

Além de fornecer maior leveza e isolamento térmico, a incorporação da vermiculita em materiais construtivos representa uma alternativa para a conservação dos depósitos de areia natural (Gencel *et al.*, 2021).

1.1 Resistência à tração na flexão em argamassas com substituição de agregados

A respeito do desempenho mecânico em argamassas de revestimento de paredes e tetos, a NBR 13279 (ABNT, 2005) especifica os ensaios para a determinação da resistência à tração na flexão e da resistência à compressão.

Barros (2018), Guilherme (2019), Sinhorelli (2019), Nascimento (2021) e Kaya e Köksal (2022) empregaram a vermiculita expandida em substituição à areia como agregado em

argamassas. Em Barros (2018), Sinhorelli (2019), Nascimento (2021) e Kaya e Köksal (2022), a utilização da vermiculita resultou em uma redução da resistência à tração na flexão.

No estudo de Guilherme (2019), foi observada uma pequena variação na resistência à tração na flexão nos traços com adição de vermiculita e uma leve redução no traço com 50% de substituição. Para Nascimento (2021) e Kaya e Köksal (2022), a redução da resistência mecânica das misturas pode ser atribuída à própria estrutura da vermiculita expandida, visto que aumenta a porosidade aparente e a absorção de água.

Passos e Carasek (2018) utilizaram resíduos de EPS como agregados e notaram menor resistência à tração na flexão nas argamassas com resíduos quando comparadas à mistura de referência.

Em Rocha (2019), a incorporação dos resíduos de borracha de pneu reciclado em argamassas levou a uma redução significativa da resistência à tração na flexão.

Akiniemy *et al.* (2020) adotaram a palha da casca de arroz e notaram um aumento da resistência à flexão. O resultado, conforme apontado pelos autores, foi semelhante à maioria dos estudos que utilizaram agregados à base de plantas.

Silva *et al.* (2021) estudaram argamassas com resíduos de madeira em substituição à areia como agregado e, quanto maior o teor de resíduos, menor a resistência mecânica observada. No traço com 5% de resíduos, a resistência à tração na flexão foi similar à obtida para o traço de referência, enquanto na mistura com 2,5% de resíduos foi menor.

Záleská *et al.* (2021) utilizaram perlita expandida, vidro expandido e zeólita nas misturas e notaram, em todas as misturas investigadas, um aumento significativo na resistência mecânica conforme o avanço da idade de cura.

Awoyera *et al.* (2022) empregaram lã mineral e palha de arroz e, quanto maior o teor de fibras de lã mineral, menor a resistência à flexão, divergindo dos resultados de estudos anteriores. Aos 7 dias de idade, todas as argamassas com lã mineral e fibras de palha de arroz apresentaram resistência à flexão superior à da argamassa de referência, enquanto aos 14 e 28 dias, apenas a mistura com 10% de lã mineral obteve resistência superior à do traço de referência.

Em El-Seidy *et al.* (2022), resíduos de PVC e borracha foram utilizados nas argamassas e houve uma redução progressiva na resistência à flexão conforme aumentou-se o teor de resíduos. Para os autores, as superfícies mais lisas dos agregados de PVC e borracha em comparação à superfície da areia, são responsáveis pela redução do desempenho mecânico.

Ferrandéz *et al.* (2022) adotaram resíduos de materiais de isolamento térmico reciclados compostos por poliestireno expandido e lã mineral e, na observação da resistência à flexão, notaram um aumento nas argamassas com fibras de lã mineral e uma redução nas misturas com fibras de poliestireno.

No trabalho de Fontes *et al.* (2022), a incorporação da argila expandida em substituição à areia resultou em valores de resistência à tração na flexão semelhantes para todos os traços.

Diante da importância das argamassas de revestimento para o funcionamento geral das construções e do alto consumo deste material nas construções tradicionalmente encontradas no Brasil, é importante avaliar tecnologicamente o desempenho das misturas confeccionadas a partir da substituição dos agregados. Assim, neste estudo, derivado de uma

dissertação de mestrado em andamento, para a discussão do comportamento mecânico das misturas a resistência à tração na flexão foi adotada como ensaio principal.

2 OBJETIVO

Investigar a resistência à tração na flexão em argamassas de revestimento produzidas a partir do traço 1:1:6 em volume e confeccionadas com 10% e 20% de substituição do agregado natural por vermiculita expandida.

3 METODOLOGIA

A primeira parte do estudo compreendeu a formação do referencial teórico, enquanto a segunda parte consistiu na análise experimental. A etapa experimental envolveu a caracterização dos agregados (areia e vermiculita), a confecção das argamassas e a avaliação das misturas através dos ensaios no estado fresco e endurecido.

A caracterização dos agregados, a confecção das misturas e os ensaios das argamassas foram realizados no Laboratório de Construção Civil da Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB), no campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

Os aglomerantes utilizados foram o cimento Portland tipo CP II E-32 e cal hidratada tipo CH-III. Os agregados utilizados - areia natural lavada quartzosa de rio e vermiculita expandida - foram previamente secos em estufa por 24 horas e a norma NBR 7211 (ABNT, 2022), voltada aos agregados de concreto, foi adotada para avaliar os agregados miúdos.

Antes de serem utilizados nas misturas, todos os agregados foram avaliados com base nos ensaios: composição granulométrica, de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2001); massa específica, segundo o método do Frasco de Chapman; massa unitária de agregado em estado solto e em estado seco, ambos a partir da NBR NM 45 (ABNT, 2006); teor de material pulverulento, conforme a NBR NM 46 (ABNT, 2003) e determinação de impurezas orgânicas, conforme a NBR NM 49 (ABNT, 2001).

Em função do acabamento almejado e em busca de uma padronização das misturas, os agregados passaram por peneiras com abertura de 2,8 mm para a padronização do diâmetro máximo e retirada de impurezas. Fisicamente diferentes, a Figura 1 mostra a areia natural comparada à vermiculita após peneiramento.

Figura 1 – Areia natural à esquerda e vermiculita à direita



Fonte: autores (2024).

As argamassas foram produzidas a partir do traço 1:1:6 (cimento:cal:agregado) em volume com base no referencial teórico (Carasek, 1996 e Barros, 2018). A areia foi substituída por vermiculita expandida nas porcentagens de 10% (VE10) e 20% (VE20) para comparação com uma argamassa de referência, sem substituição (AN100).

No estado fresco, as misturas passaram pelo ensaio de densidade de massa de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005).

Para a avaliação das argamassas no estado endurecido foram moldados os corpos de prova de cada traço. Os modelos prismáticos de 40 x 40 x 160 mm foram desmoldados após 24 horas e então armazenados sob condições ambientes de temperatura e umidade no laboratório (Figura 2).

Conforme recomenda a NBR 13279 (ABNT, 2005), o ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado em corpos de prova com 28 dias de idade. Para o ensaio, os corpos de prova foram posicionados nos dispositivos de apoio do equipamento de ensaio de modo que a face rasada não entrasse em contato com os dispositivos de apoio nem com o de carga. A seguir, foi aplicada uma carga de (50 ± 10) N/s até a ruptura do corpo de prova (Figura 3).

Figura 2 – Corpos de prova de 40 x 40 x 160 mm



Fonte: autores (2024).

Figura 3 – Ensaio de resistência à tração na flexão



Fonte: autores (2024).

4 RESULTADOS

As propriedades físicas dos agregados (areia natural e vermiculita expandida) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físicas dos agregados

Propriedade	Areia natural	Vermiculita expandida
Dimensão máxima (mm)	1,2	2,4
Módulo de finura (mm)	1,78	2,87
Massa específica (g/cm ³)	1,68	0,63
Massa unitária (g/cm ³)	1,59	0,18

Fonte: autores (2024).

Para a confecção das argamassas, a quantidade de componentes em cada traço foi determinada através da análise das curvas granulométricas. Na caracterização granulométrica da areia e da vermiculita expandida, executada de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2022), a maioria dos agregados ficou concentrada na zona utilizável.

Segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016), em caso de falta de dados, a quantidade de água da mistura deve garantir um índice de consistência de 260 ± 10 mm. Desse modo, o teor de água de cada traço foi definido conforme o ensaio do índice de consistência.

Para a argamassa de referência (AN100), foi encontrada uma relação água/cimento de 1,44, proporção assegurada para VE10 e VE20 com o objetivo de garantir a trabalhabilidade das misturas. Assim, a quantidade de água foi ajustada nos traços com vermiculita para que atingissem o índice de consistência de 260 ± 10 mm recomendado pela norma. Também foi utilizado um aditivo plastificante para a melhoria da trabalhabilidade das argamassas conforme

a recomendação do fabricante de 2ml de aditivo para cada 1,0 kg de cimento. A Tabela 2 apresenta o consumo final de cada componente nas misturas.

Tabela 2 – Consumo final dos componentes das misturas

Traço	Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia (kg)	Vermiculita (kg)	Água (kg)	Aditivo plastificante (ml)
AN100	5,00	3,08	39,92	0	7,24	10
VE10	5,00	3,08	35,93	0,45	7,24	11
VE20	6,25	3,08	31,94	0,90	9,05	12

Fonte: autores, 2024.

Em relação aos aglomerantes, os valores fornecidos pelos fabricantes para as massas específicas (real e unitária) do cimento e da cal foram utilizados para a transformação dos traços em proporção de massa (Guilherme, 2019 e Guilherme, Cabral e Souza, 2020). Os traços em volume e em massa são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Traços em volume e em massa

Traço	Teor de substituição	Traço em volume	Traço em massa	Relação água/cimento
AN100	0%	1:1:6:0	5:3,1:39,92:0	1,44
VE10	10%	1:1:5,4:0,6	5:3,1:35,92:0,45	1,44
VE20	20%	1:1:4,8:1,2	5:3,1:31,93:0,90	1,44

Fonte: autores, 2024.

Após a confecção dos traços, ocorreu a caracterização das argamassas no estado fresco através dos ensaios de densidade de massa e índice de consistência realizados conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016), que recomenda um índice de consistência de 260 ± 10 mm.

A partir do método Flow table, o ensaio de densidade de massa no estado fresco foi executado para o traço de referência (AN100) e a média obtida foi de 257,85 mm. A relação água/cimento encontrada foi de 1,44 e a mesma proporção foi mantida para as outras misturas de modo a garantir a trabalhabilidade das mesmas. A Tabela 4 reúne os resultados obtidos nos ensaios das argamassas no estado fresco.

Tabela 4 – Propriedades das argamassas no estado fresco

Traço	Relação água/cimento	Densidade de massa (kg/m ³)	Índice de consistência (mm)
AN100	1,44	1840	257,85
VE10	1,44	1990	250,64
VE20	1,44	1980	252,02

Fonte: autores, 2024.

A observação dos resultados obtidos nos ensaios no estado fresco demonstra que, em comparação ao traço de referência, as misturas com vermiculita apresentaram maiores valores de densidade de massa. Houve um aumento na densidade de massa no traço VE10 (1990 kg/m³) seguido por uma leve redução em VE20 (1980 kg/m³), sendo ambos maiores que o valor encontrado para AN100 (1840 kg/m³).

No caso do índice de consistência, todos os valores foram menores nos traços com vermiculita. Considerando o traço sem substituição, o índice de consistência reduziu em VE10

(250,64 mm) e, mesmo aumentando um pouco em VE20 (252,02 mm), ambos não atingiram o valor de AN100 (257,85 mm).

A NBR 13279 (ABNT, 2005) estabelece que no ensaio de resistência à tração na flexão devem ser utilizados, no mínimo, três corpos de prova com 28 dias de idade. Em especial, nesta pesquisa a maior parte dos ensaios foi executada com, no mínimo, seis corpos de prova para cada traço, o que permitiu, sobretudo, a observação do coeficiente de variação. Os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração na flexão para os três traços investigados neste trabalho são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resistência à tração na flexão (MPa) aos 28 dias

Corpo de prova	AN100	VE10	VE20
1	1,49	2,06	2,26
2	1,47	2,07	2,17
3	1,44	2,04	2,50
4	2,07	1,83	2,27
5	1,59	1,83	2,20
6	1,33	1,92	2,12
7	1,65	-	2,24
8	1,41	-	2,18
9	1,42	-	2,10
10	1,73	-	2,39
11	1,34	-	2,28
12	1,36	-	2,09
Média (MPa)	1,53	1,96	2,23
Desvio padrão	0,21	0,11	0,12
Coefficiente de variação	13,90	5,77	5,38

Fonte: autores, 2024.

Assim, para os traços estudados nesta pesquisa, quanto maior o teor de substituição da areia por vermiculita expandida, maior a resistência à tração na flexão observada. A maior média encontrada refere-se à mistura com maior quantidade de vermiculita (VE20), enquanto a menor foi observada no traço sem substituição (AN100). Resultados que divergem, portanto, dos observados por Barros (2018), Sinhorelli (2019), Nascimento (2021) e Kaya e Köksal (2022), nos quais a vermiculita reduziu a resistência à tração na flexão.

Em Guilherme (2019), os resultados de resistência à tração na flexão praticamente não foram alterados com a adição da vermiculita nas misturas. Como os valores foram basicamente constantes e houve uma leve redução no traço com 50% de substituição da areia por vermiculita, para a autora a vermiculita pouco influencia essa propriedade. Em Fontes *et al.* (2022), a inserção da argila expandida como agregado também resultou em valores semelhantes de resistência à tração na flexão em todas as argamassas.

Bem como no ensaio realizado neste estudo, um aumento da resistência à tração na flexão também foi observado com a substituição da areia por palha da casca de arroz em Akiniemy *et al.* (2020) e por fibras de lã mineral em Ferrandéz *et al.* (2022).

Outros agregados resultaram em menores valores de resistência à tração na flexão quando realizada a comparação entre as argamassas modificadas e a de referência, sem

substituições, a exemplo de: resíduos de EPS em Passos e Carasek (2018), resíduos de borracha de pneu reciclado em Rocha (2019), fibras de lã mineral em Awoyera *et al.* (2022), resíduos de PVC e borracha em El-Seidy *et al.* (2022) e fibras de poliestireno em Ferrandéz *et al.* (2022).

5 CONCLUSÃO

Na observação dos resultados dos ensaios no estado fresco, a densidade de massa foi maior em todas as misturas com vermiculita expandida. Em relação ao traço de referência, houve um aumento na densidade de massa no estado fresco em VE10 seguido por uma leve redução no traço VE20, sendo ambos maiores que a densidade de AN100. Para o índice de consistência, todos os valores observados para os traços com incorporação de vermiculita foram menores que o de AN100, traço de referência.

Desse modo, os resultados permitiram inferir que, conforme o aumento do teor de substituição da areia por vermiculita expandida, maior a resistência à tração na flexão das argamassas quando comparadas à mistura de referência. Nesse cenário, todos os traços com vermiculita expandida (VE10 e VE20) apresentaram maior resistência mecânica em relação ao AN100.

Assim, como a inserção da vermiculita nestas proporções não comprometeu significativamente o desempenho das misturas, a análise permitiu a indicação das misturas para utilização como argamassas de revestimento.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AKINYEMI, Banjo; OMONIYI, Temidayo E.; ELEMILE, Olugbenga; AROWOFILA, Oluwafemi. Innovative Husk-Crete Building Materials from Rice Chaff and Modified Cement Mortars. *Acta Technologica Agriculturae*, v. 23, n. 2, p. 67-72, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2478/ata-2020-0011>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7200**: execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.

ABNT. **ABNT NBR NM 45**: agregados - determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, ABNT, 2006.

_____. **ABNT NBR NM 46**: agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

_____. **ABNT NBR NM 49**: agregado miúdo - determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.

_____. **ABNT NBR NM 248**: agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.

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

_____. **ABNT 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.

AWOYERA, Paul O.; AKINRINADE, Ayomide D.; GALDINO, André Gustavo de Sousa; ALTHOEY, Fadi; KIRGIZ, Mehmet Serkan; TAYEH, Bassam A. Thermal insulation and mechanical characteristics of cement mortar reinforced with

mineral wool and rice straw fibers. **Journal of Building Engineering**, v. 53, p. 104568, 2022. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2022.104568>. Acesso em: 16 ago. 2024.

BARROS, Ilana Maria da Silva. **Análise térmica e mecânica de argamassas de revestimento com adição de vermiculita expandida em substituição ao agregado**. 2018. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande de Norte, Natal, RN, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/25165>. Acesso em: 10 jul. 2024.

EL-SEIDY, Eslam; SAMBUCCI, Matteo; CHOUGAN, Mehdi; AL-KHEETAN, Mazen J.; BIBLIOTECA, Ilario; VALENTE, Marco; GHAFAR, Seyed Hamidreza. Mechanical and physical characteristics of alkali- activated mortars incorporated with recycled polyvinyl chloride and rubber aggregates. **Journal of Building Engineering**, v. 60, p. 105043, 2022. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2022.105043>. Acesso em: 13 ago. 2024.

FERRÁNDEZ, Daniel; YEDRA, Engerst; MORÓN, Carlos; ZARAGOZA, Alicia; KOSIOR-KAZBERUK, Marta. Circular Building Process: reuse of insulators from construction and demolition waste to produce lime mortars. **Buildings**, v. 12, n. 2, p. 220, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/buildings12020220>. Acesso em: 10 ago. 2024.

FONTES, Adna Érica Melo de Sousa; CABRAL, Kleber Cavalcanti; SOUZA, Wendell Rossine Medeiros de; MARTINELLI, Antônio Eduardo; FONTES, Kristy Emanuel Silva. Análise mecânica e térmica de argamassas de revestimento com substituição parcial do agregado por ar. **Ambiente Construído**, v. 22, n. 3, p. 299-311, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000300620>. Acesso em: 14 ago. 2024.

GUILHERME, Deize Daiane Pinto. **Estudo do desempenho térmico e mecânico em argamassas de revestimento com substituição do agregado natural pela vermiculita expandida**. 2019. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande de Norte, Natal, RN, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/28547>. Acesso em: 7 jul. 2024.

KAYA, Mehmet; KÖKSAL, Fuat. Physical and mechanical properties of C class fly ash based lightweight geopolymer mortar produced with expanded vermiculite aggregate. **Revista de la Construcción**, v. 21, n. 1, p. 21-35, 2022. Pontificia Universidad Catolica de Chile. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.21.1.21>. Acesso em: 7 ago. 2024.

NASCIMENTO, Raquel Ferreira do. **Efeito da hidroxipropilmetilcelulose em argamassas leves térmicas à base de vermiculita expandida**. 2021. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande de Norte, Natal, RN, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/45248>. Acesso em: 13 ago. 2024.

PASSOS, Paulo Martins dos; CARASEK, Helena. Argamassas com resíduos para revestimento isolante térmico de parede pré-moldada de concreto. **Cerâmica**, v. 64, n. 372, p. 577-588, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132018643722391>. Acesso em: 5 ago. 2024.

ROCHA, Vicente de Paula Teixeira. **Desenvolvimento de argamassas para revestimento de alvenaria com adição de borracha reciclada de pneu**. 2019. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/35621>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SILVA, Jussara Adílio da; PIVA, Jorge Henrique; WANDERLIND, Augusto; SAVI, Aline Eyng; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei. Análise das características físicas e propriedades mecânicas de argamassa com inserção de resíduos de madeira. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, n. 3, p. 1-11, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13008>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SINHORELLI, Kássia dos Santos. **Estudo das propriedades reológicas e térmicas das argamassas de revestimento contendo adições minerais e vermiculita**. 2019. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro

de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2019. Disponível em:
https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/19802?locale=pt_BR. Acesso em: 16 jun. 2024.

ZÁLESKÁ, Martina; PAVLÍKOVÁ, Milena; VYĚVAŘIL, Martin; PAVLÍK, Zbyšek. Effect of Aggregate and Binder Type on the Functional and Durability Parameters of Lightweight Repair Mortars. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11780, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/su132111780>. Acesso em: 6 ago. 2024.