

doi <http://dx.doi.org/10.18265/2447-9187a2022id7424>

ARTIGO ORIGINAL

SUBMETIDO 05/12/2022


APROVADO 17/03/2023

PUBLICADO ON-LINE 20/03/2023

PUBLICADO 10/10/2024

EDITORA ASSOCIADA
Ane Cristine Fortes da Silva

Aplicação de ferramentas da qualidade para minimizar a porcentagem de defeitos em compósitos cimento-madeira

 Maria Fernanda Felippe Silva ^[1] *

 Camilla Kawane Ceciliano de Carvalho Araujo ^[2]

 Glauca Aparecida Prates ^[3]

[1] mff.silva@unesp.br

[2] ck.araujo@unesp.br

[3] g.prates@unesp.br

Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (UNESP),
Itapeva, São Paulo, Brasil

* Autor para correspondência.

RESUMO: Atualmente, devido ao enorme apelo ambiental, estão sendo usados produtos mais sustentáveis e renováveis; um exemplo disso são os compósitos cimento-madeira. Esses compósitos são utilizados na construção civil como isolantes termoacústicos e em usos não estruturais, como forros e revestimento de parede, porém a incidência de defeitos pode limitar sua utilização, principalmente quando produzidos em nível laboratorial. Devido a isso, o objetivo do presente trabalho foi aplicar e analisar ferramentas da qualidade no processo produtivo de compósitos cimentícios com madeira de *Eucalyptus grandis*. Os corpos de prova foram produzidos conforme a norma NBR 7215 (ABNT, 2019) seguindo o traço de 1: 0,1: 0,6 de cimento, madeira e água, respectivamente. Foram realizados os ensaios de densidade, módulo de elasticidade e resistência à compressão aos sete dias, e a análise foi realizada por meio do software MiniTab; as ferramentas utilizadas foram diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, gráfico por variáveis e capacidade de processo. Foi possível analisar que os principais defeitos foram a incidência de pequenos poros, rompimento por esmagamento e resistência à compressão aos sete dias inferior a 5 MPa. Os compósitos podem ser utilizados como blocos de vedação em sistemas construtivos leves e o processo produtivo se mostrou aceitável, embora melhorias, como a mecanização da produção, possam ser realizadas no processo produtivo a fim de corrigir esses defeitos.

Palavras-chave: capacidade de processo; compósito cimentício; diagrama de Ishikawa; diagrama de Pareto; *Eucalyptus grandis*.

Application of quality tools to minimize the percentage of defects in cement-wood composites

ABSTRACT: Nowadays, due to the enormous environmental appeal, more sustainable and renewable products are being used, an example of this is wood-cement composites. These composites are used in civil construction



as thermo-acoustic insulators and in non-structural uses, such as ceilings and wall cladding, but the incidence of defects can limit their use, especially when produced in a laboratory level. Due to this, the aim of this study was to apply and analyze quality tools in the productive process of cementitious composites with *Eucalyptus grandis* wood. The specimens were produced according to NBR 7215 (ABNT, 2019) using a 1: 0.1: 0.6 mix of cement, wood and water, respectively. Density, elastic modulus and compressive strength tests were carried out at seven days and the analysis was performed using the MiniTab software, the tools used were Pareto diagram, Ishikawa diagram, chart by variables and process capacity. It was possible to analyze that the main defects were the incidence of small pores, crush rupture and compressive strength at seven days less than 5 MPa. Composites can be used as sealing blocks in lightweight construction systems and the production process proved to be acceptable, although improvements, such as the mechanization of production, can be made in the production process to correct these defects.

Keywords: cementitious composite; *Eucalyptus grandis*; Ishikawa diagram; Pareto diagram; process capability.

1 Introdução

O compósito à base de cimento e madeira é um material constituído de cimento Portland em que uma parte ou toda a fração do agregado mineral é substituída por material orgânico fragmentado, como, por exemplo, partículas de madeira.

Esse material é utilizado na construção civil em aplicações estruturais e não estruturais, como forros e revestimento de paredes, sendo muito difundido na Europa e no Japão. O cimento-madeira apresenta boas propriedades termoacústicas, densidade inferior à das placas cimentícias, maior resistência mecânica e ao fogo, maior durabilidade e uso de madeira proveniente de florestas plantadas.

O Brasil possui uma grande área plantada de florestas, em especial as de eucalipto. Estas possuem vantagens quanto ao seu rápido crescimento, boas propriedades da madeira e grande variedade de clones e híbridos existentes. Além disso, os compósitos cimento-madeira produzidos com partículas de eucalipto apresentam propriedades superiores às dos produzidos com madeira de outras espécies.

Apesar das suas qualidades, os compósitos ainda podem apresentar variados defeitos, como alta porosidade e rachaduras, que influenciam a sua qualidade final, principalmente quando produzidos em escala laboratorial.

Para se avaliar um processo, seja ele em nível laboratorial ou industrial, são utilizadas as ferramentas de qualidade, que têm como objetivo identificar os defeitos existentes que merecem maior atenção, assim como apontar as possíveis causas desses defeitos, para que eles sejam sanados e seja possível aumentar a eficiência do processo produtivo e dos seus ensaios, além da competitividade do compósito no mercado da construção civil.

Porém, pouco foi estudado sobre o processo produtivo em laboratório dos compósitos cimento-madeira e sua influência no produto final. Dado o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a incidência de defeitos no processo produtivo de compósitos cimento-madeira em escala laboratorial.

Nas próximas seções estão apresentados o referencial teórico, que descreve o compósito cimento-madeira e as ferramentas de qualidade utilizadas (seção 2); o método de pesquisa, que descreve a metodologia utilizada para a fabricação, ensaio e análise dos compósitos (seção 3). Além disso, estão presentes as discussões e os resultados encontrados (seção 4) e, por fim, na seção 5, as considerações finais sobre o estudo.

2 Referencial teórico

A construção civil e o extrativismo mineral são importantes segmentos na geração do PIB e de empregos no Brasil, porém utilizam muitos recursos naturais e energia, como, por exemplo, na produção do cimento (Ramos Filho *et al.*, 2021). Visto isso, tem sido estudada a produção de compósitos cimento-madeira com a substituição parcial do aglomerante mineral, visando a torná-lo um material mais sustentável.

Os compósitos cimento-madeira combinam partículas de madeira com o aglomerante mineral. Iwakiri *et al.* (2012) comparam esse material com os painéis de madeira aglomerada, mas, ao invés de se utilizarem resinas, é utilizado o aglomerante mineral, sendo que o processo de endurecimento ocorre devido a reações exotérmicas advindas da hidratação do cimento.

Esse tipo de material pode ser classificado em duas categorias: a primeira com aplicação na arquitetura, sendo utilizado como isolamento térmico e acústico; a outra, desenvolvida na década de 1970 como um substituto para cimento-amianto, apresentando melhor característica mecânica (Macêdo *et al.*, 2011).

De acordo com Iwakiri *et al.* (2015), esse material é amplamente utilizado na construção civil, como em forros e revestimentos de paredes. Rocha *et al.* (2022) complementam que os compósitos reforçados com fibras possuem boa aceitação em aplicações estruturais.

No compósito, a madeira proporciona maior resistência à ruptura e maior trabalhabilidade, enquanto o cimento aumenta a durabilidade, a estabilidade dimensional e a resistência ao fogo (Stokke; Wu; Han, 2013).

Villas-Bôas *et al.* (2017) destacam que as outras vantagens do compósito cimento-madeira são a baixa densidade em relação às placas cimentícias tradicionais, resistência a agentes xilófagos e intempéries e boas propriedades acústicas e térmicas, além de diminuir o impacto ambiental pela redução do uso de cimento e se destacar em relação aos painéis reconstituídos de madeira por apresentar baixa toxicidade e não gerar efluentes líquidos (Weber *et al.*, 2017). Oliveira *et al.* (2020) complementam que a madeira utilizada pode ser oriunda de árvores de pequenos diâmetros e de resíduos de serrarias, sendo um material ecologicamente apropriado.

A escolha da madeira para a produção dos compósitos influencia nas suas propriedades devido às suas características químicas, como a presença de extrativos. A madeira de eucalipto vem sendo estudada para a aplicação em compósitos por causa da sua abundância em solo brasileiro. Segundo o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2022), no ano de 2021, o Brasil possuía 7,53 milhões de hectares de floresta de eucalipto, representando 75,8% da área total de florestas plantadas.

A produção de compósitos cimentícios com adição de madeira de eucalipto apresenta grande potencial, com propriedades físico-mecânicas superiores às dos compósitos produzidos com madeira de pinus (Iwakiri *et al.*, 2015; Rosa *et al.*, 2017). Porém, falhas podem ocorrer durante o processo produtivo dos compósitos, resultando em defeitos

como alta porosidade e rachaduras, principalmente em escala laboratorial. Os materiais produzidos em escala laboratorial e industrial possuem diferentes propriedades devido às condições físico-químicas que envolvem o referido processo (Koester *et al.*, 2004; Steffens, 2010).

Nunes *et al.* (2022) indicam que deficiências no controle de produtividade e no uso de maquinário, além de falta de conhecimento técnico, podem ocasionar falhas no controle de qualidade do produto final. Esses defeitos podem ser avaliados através de ferramentas de qualidade. Silva, Garcia e Pierre (2019) destacam que essas ferramentas são importantes mecanismos na busca de soluções e melhorias do processo de produção, visando ao ganho de qualidade.

Fonseca *et al.* (2018) indicam que as ferramentas que possuem destaque são: *brainstorming*, cinco porquês, diagrama de Ishikawa e diagrama de Pareto. As duas últimas foram utilizadas no presente trabalho. O diagrama de Pareto prioriza as causas ou problemas mais relevantes do processo a partir de um gráfico de barras, enquanto o diagrama de Ishikawa indica as possíveis causas para determinado efeito (Marshall Junior *et al.*, 2010). Ao se detectar a relevância de cada problema e sua causa, é possível escolher estratégias para a sua solução (Ponciano *et al.*, 2021).

Com isso, neste estudo foram realizadas análises para controle de qualidade da produção de compósitos cimento-madeira em nível laboratorial, sendo que as ferramentas da qualidade utilizadas foram gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa, gráfico por variáveis e capacidade de processo.

O gráfico de Pareto é composto de barras verticais que auxiliam na visualização de informações, tornando evidente a priorização de problemas e projetos. O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama espinha de peixe, é utilizado para auxiliar na identificação de possíveis causas para problemas.

Também foi produzido o gráfico por variáveis para cada uma das propriedades mensuráveis: densidade, módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), além de calculada a capacidade de processo a fim de avaliar a qualidade de produção dos compósitos.

3 Método da pesquisa

Para a produção dos compósitos, o cimento utilizado foi o CP II com adição de *filer*, oriundo da região de Itapeva, estado de São Paulo (SP), com grau de finura, descrito pelo fabricante, inferior a 12% na peneira de 200 *mesh*.

As partículas de madeira utilizadas foram da espécie *Eucalyptus grandis*, oriundas da região de Ribeirão Branco, estado de São Paulo, nas dimensões de 16 *mesh*. Conforme Ronquim (2013), partículas com maiores dimensões, entre 10 e 20 *mesh*, apresentam melhores propriedades mecânicas.

Inicialmente, as peças de madeira foram picadas em um picador de tambor e na sequência processadas por um moinho do tipo Wiley.

A classificação foi realizada em um jogo de peneiras vibratórias. Foram utilizadas as partículas que passaram pela peneira de 9 *mesh* (2,19 mm) e ficaram retidas na de 16 *mesh* (1,19 mm). Posteriormente, as partículas foram secas em estufa até atingir massa constante e teor de umidade entre 0% e 3%. Não foram realizados tratamentos químicos nas partículas de madeira. As etapas de preparação das partículas estão representadas na Figura 1.

Figura 1 ▶

Preparação das partículas de madeira.

- a) Picador de tambor.
- b) Moinho tipo Wiley.
- c) Peneira vibratória.
- d) Estufa de secagem.

Fonte: arquivo dos autores



Os compósitos foram produzidos seguindo o traço de 1: 0,1: 0,6, para cimento, madeira e água, respectivamente. Segundo Weber *et al.* (2017), a adição de 10% de madeira em relação ao cimento apresenta maiores propriedades mecânicas de resistência à compressão. A mistura e compactação ocorreram de forma manual. Após 24 horas de cura, os corpos de prova foram desmoldados e armazenados em um local climatizado com 20 °C e umidade relativa do ar de 65% até a realização dos ensaios.

Foram produzidos 30 corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 5 cm e altura de 10 cm, seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 7215 (ABNT, 2019). A Figura 2 apresenta a produção dos corpos de prova.

Figura 2 ▶

Produção dos corpos de prova de cimento-madeira.
Fonte: arquivo dos autores

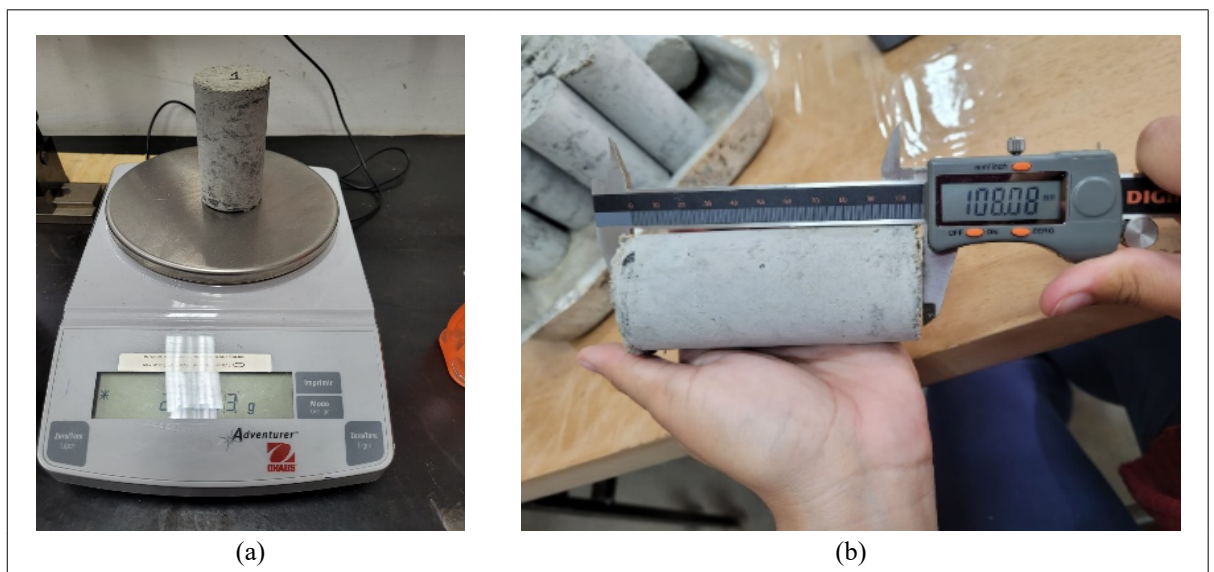


Figura 3 ▼

a) Pesagem em balança semianalítica. b) Medição com o auxílio de um paquímetro digital para o ensaio de densidade.
Fonte: arquivo dos autores

Ao final de sete dias, foram realizados os ensaios, conforme recomendações da norma brasileira ABNT NBR 7215 (ABNT, 2019). Para a determinação da densidade, os corpos de prova foram medidos com o auxílio de um paquímetro de resolução 0,01 mm e pesados em uma balança semianalítica com resolução de 0,01 g.

Para a determinação do módulo de elasticidade e resistência à compressão aos sete dias, os corpos de prova foram ensaiados na máquina universal de testes EMIC DL300. Também foi realizada a análise visual dos compósitos para a verificação de poros e rachaduras. A Figura 3 apresenta as etapas do ensaio de densidade, e a Figura 4, do ensaio de resistência à compressão.



(a)

(b)

Figura 4 ▶

Ensaio de resistência à compressão aos sete dias.

Fonte: arquivo dos autores



Para a determinação dos defeitos mais frequentes, foi utilizado o gráfico de Pareto, produzido por meio do software MiniTab. Os defeitos estudados foram: a incidência de poros, a baixa resistência, o modo de ruptura e a incidência de rachaduras.

Na sequência, foi produzido o diagrama de Ishikawa, para o estudo das possíveis causas desses defeitos, além do gráfico por variáveis (histograma) das propriedades medidas, para verificar a distribuição dos dados.

Foi calculada a capacidade de processo para determinar se ele é adequado, aceitável ou inadequado, conforme a Equação 1.

$$Cp = \frac{LSE - LSI}{6 * \sigma} \quad (1)$$

nos quais: Cp é capacidade de produção; LSE é o limite superior de especificação; LSI é o limite inferior de especificação; σ é o desvio padrão.

O valor de Cp acima de 1,33 indica que o processo é adequado, entre 1,00 e 1,33, aceitável e abaixo de 1,00, inadequado (Montgomery, 2009).

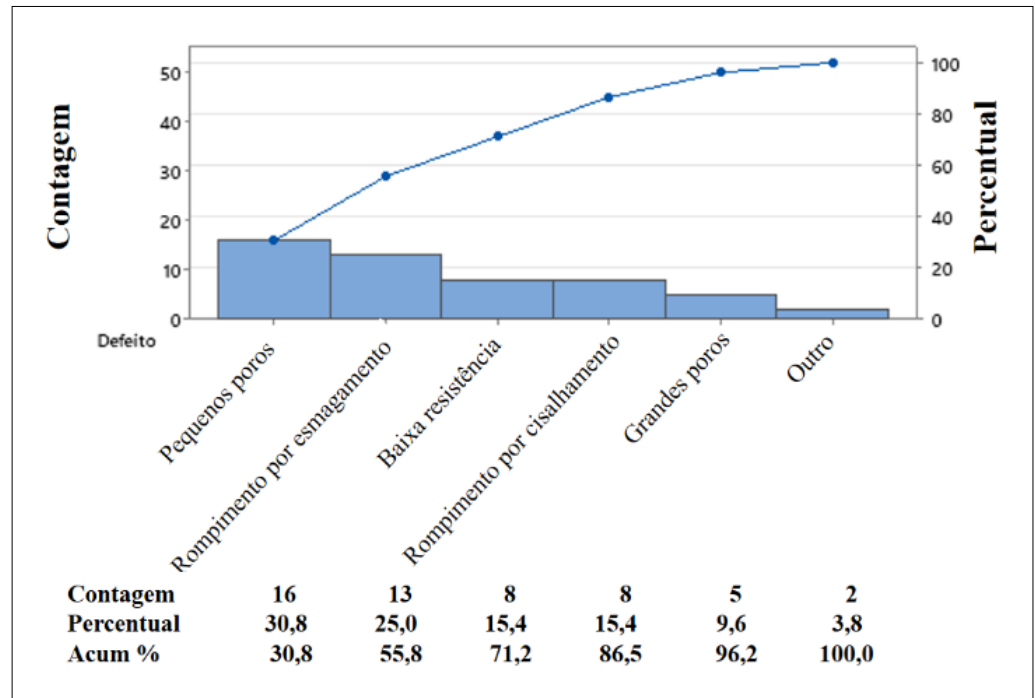
4 Resultados e discussões

A partir dos ensaios, foi possível observar os defeitos com maior incidência na produção de compósitos cimento-madeira em nível laboratorial. A Figura 5 apresenta o gráfico de Pareto com os defeitos de maior incidência, contendo a quantidade e o percentual de cada defeito, além da quantidade e porcentagem acumulada.

Figura 5 ▶

Gráfico de Pareto para os defeitos de maior incidência.

Fonte: dados da pesquisa

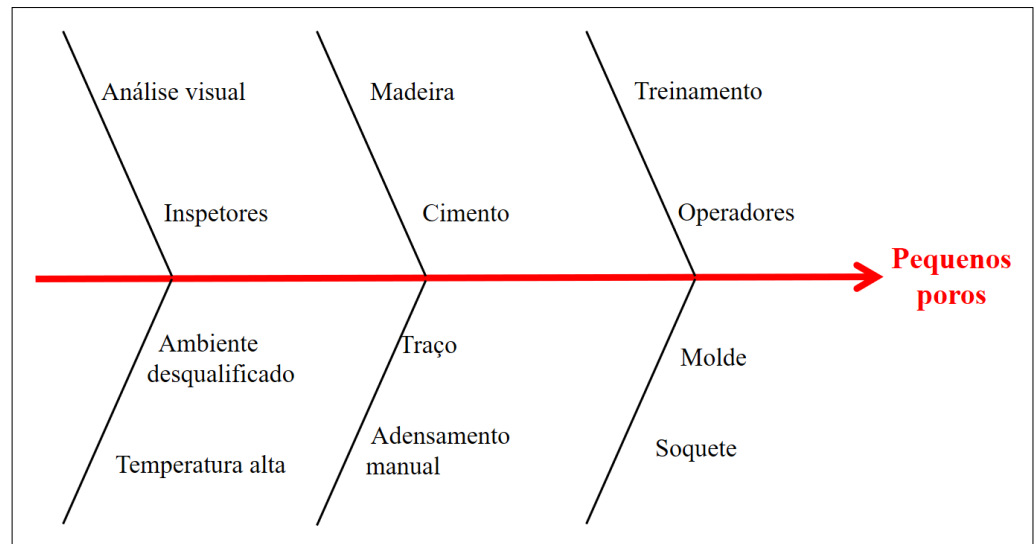


Os defeitos dos compósitos que representam a maior quantidade de ocorrências são o surgimento de pequenos poros, rompimento por esmagamento e baixa resistência à compressão, ou seja, inferior a 5 MPa, segundo Iwakiri *et al.* (2015). A Figura 6 apresenta o diagrama de Ishikawa para o defeito com maior incidência – pequenos poros – e suas possíveis causas nos quesitos método, máquina, medida, meio ambiente, material e mão de obra.

Figura 6 ▶

Diagrama de Ishikawa para o defeito de maior incidência.

Fonte: dados da pesquisa



Das 12 causas levantadas, as mais prováveis de serem causadoras dos poros diminutos nos compósitos são o adensamento manual e o molde de PVC. As formas de sanar esses problemas são o adensamento mecânico e o uso de moldes metálicos, pois, dessa forma, o adensamento dos compósitos ocorreria de forma mais homogênea e efetiva.

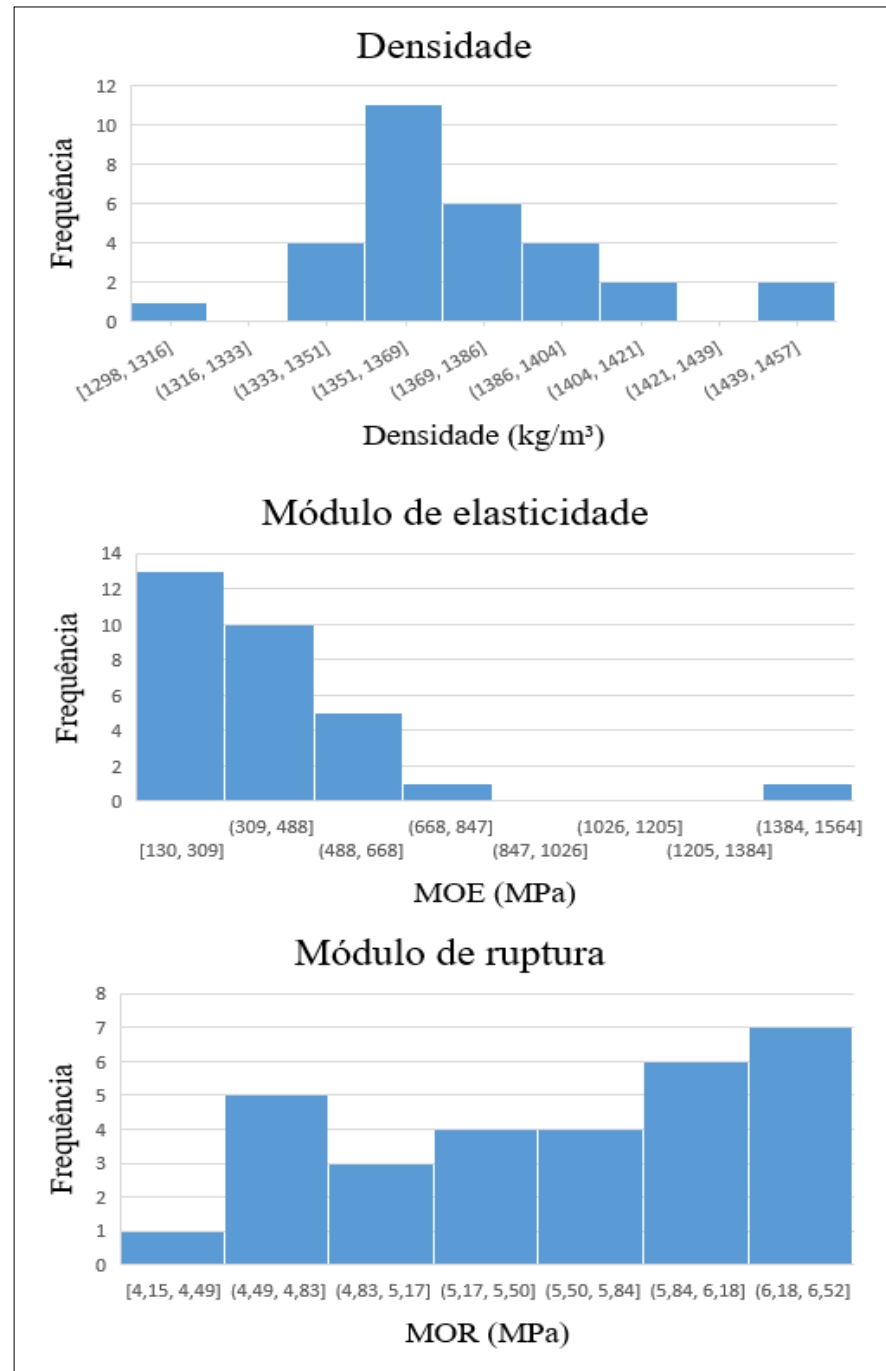
A Figura 7 apresenta os gráficos por variáveis (histogramas) para as propriedades de densidade, módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), indicando

a frequência de cada faixa de valor. A densidade variou entre 1298,24 kg/m³ e 1455,68 kg/m³, os valores de módulo de elasticidade, entre 129,81 MPa e 1263,71 MPa e os valores de resistência à compressão aos 7 dias, de 4,15 MPa a 6,52 MPa.

Figura 7 ▶

Histogramas para densidade, MOE e MOR, respectivamente.

Fonte: dados da pesquisa



O histograma da densidade é do tipo ilha isolada, assim como o do módulo de elasticidade. Esse tipo de histograma apresenta algumas classes mais afastadas do padrão simétrico. Isso pode ter ocorrido pela presença de defeitos nos compósitos, como a incidência de poros. Por sua vez, o diagrama de módulo de ruptura apresenta o tipo despenhadeiro, em que a frequência diminui de modo abrupto de um dos lados.

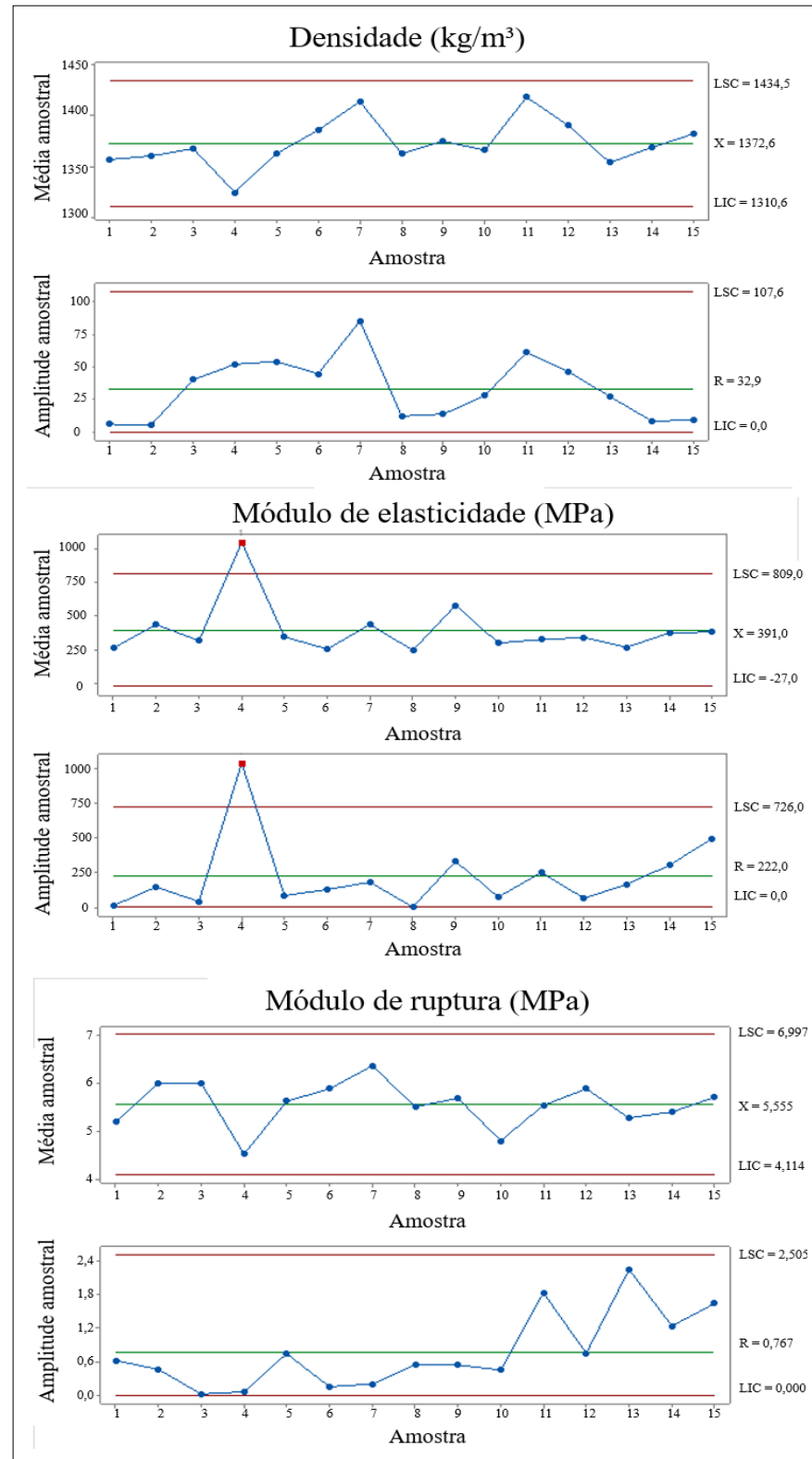
Weber *et al.* (2017) encontraram valor semelhante de resistência à compressão em compósitos produzidos com cimento e madeira de *Pinus* spp. com adição de 33%

de madeira, e densidade levemente inferior, causada pela maior adição das partículas naturais. Ruthes *et al.* (2022) também encontraram resultados semelhantes de compósitos cimento-madeira de *Pinus* sp. com 21% de madeira, com MOE médio de 519,4 MPa e MOR de 5,70 MPa.

A Figura 8 apresenta os gráficos por variáveis das três propriedades, contendo a média e a amplitude amostral.

Figura 8 ►

Gráficos por variáveis para densidade, MOE e MOR, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa



Pode-se observar nos gráficos que somente uma amostra analisada no ensaio de MOE possuiu valor fora do limite de controle, sendo esse valor superior ao das demais. O corpo de prova que apresentou ponto fora dos limites apresentou densidade e MOR medianos, pequenos poros e rompimento sem grandes deformações. Porém, de forma geral, a variabilidade dos corpos de prova foi baixa, apresentando uma boa qualidade e homogeneidade dos compósitos produzidos em laboratório.

Castro *et al.* (2015) encontraram valor de densidade de 720 kg/m³, MOE de 816 MPa e MOR de 1,16 MPa para compósitos cimento-madeira produzidos com madeira de *Eucalyptus saligna* e prensados, valores inferiores aos encontrados no presente estudo; isto se deve ao maior teor de madeira adicionado – 36% em relação ao cimento –, em oposição aos 10% adicionados no presente trabalho.

O mesmo ocorreu ao se comparar com o compósito produzido com madeira de cedro indiano, que apresentou resistência à compressão de 3,57 MPa, rigidez de 141,26 MPa e densidade de 880 kg/m³ (Oliveira *et al.*, 2020).

A capacidade de processo para a propriedade de módulo de ruptura – um dos três principais pontos de destaque – calculada foi de 1,21. Conforme Montgomery (2009), o processo é considerado aceitável, visto que o valor de C_p se encontra entre 1,00 e 1,33. Para o processo atingir o nível adequado, são necessárias mudanças na produção a fim de se reduzir a variabilidade e aumentar a qualidade dos compósitos produzidos.

5 Conclusão

A partir da análise dos resultados e gráficos de controle de qualidade, foi possível verificar que os defeitos de presença de pequenos poros, rompimento por esmagamento e baixa resistência foram os que tiveram maior incidência.

Os compósitos produzidos apresentaram propriedades mecânicas altas em relação aos produzidos com outras espécies de madeira, como pinus e cedro indiano, podendo ser utilizados como blocos de vedação em sistemas construtivos leves.

O processo foi considerado aceitável, sendo possível produzir compósitos cimento-madeira em nível laboratorial com qualidade adequada. Porém, para melhorá-lo ainda mais, seriam necessárias algumas mudanças na produção, como a mecanização e o uso de moldes metálicos.

Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuições ao artigo

SILVA, M. F. F.: concepção ou desenho do estudo/pesquisa; análise e/ou interpretação dos dados. **ARAÚJO, C. K. C.:** concepção ou desenho do estudo/pesquisa;

PRATES, G. A.: revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215:** Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

CASTRO, V. G.; BRAZ, R. L.; AZAMBUJA, R. R.; LOIOLA, P. L.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Painéis cimento-madeira de *Eucalyptus saligna* com diferentes aditivos químicos e métodos de formação. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 349-360, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i2.35765>.

FONSECA, E. A. P.; PEDRO, J. A. F.; SILVA, R.; PONTARA, P. C.; NASCIUTTI, A. A influência das ferramentas da qualidade na produção de embalagens secundárias. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: ABEPRO, 2018. p. 1-19. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_SD_259_487_35828.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2022**. São Paulo: IBÁ, 2022. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2023.

IWAKIRI, S.; SILVA, L. S.; TRIANOSKI, R.; BONDUELLE, G. M.; ROCHA, V. Y. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “Paricá” e *Cecropia hololeuca* “Embaúba” para produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 303-308, jun. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-77602012000200015>.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; CUNHA, A. B.; PRATA, J. G.; HARA, M.; BILA, N. F.; LUIS, R. C. G.; ARAÚJO, R. D. Propriedades tecnológicas de painéis cimento-madeira produzidos com partículas de eucalipto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 3, p. 217-223, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711432015217>.

KOESTER, L. S.; XAVIER, C. R.; MAYORGA, P.; BASSANI, V. L. Avaliação da complexação de carbamazepina com β -ciclodextrina e obtenção em escala laboratorial e semi-industrial de complexo em estado sólido. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 23, n. 2, p. 187-192, 2004. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/6638>. Acesso em: 17 mar. 2023.

MACÊDO, A. N.; LIMA, A. M.; FONSECA, F. O.; LAVÔR, B. V. A. Análise estatística do comportamento mecânico à compressão do compósito cimento-madeira. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 658-667, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-70762011000200002>.

MARSHALL JUNIOR, I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da qualidade**. 10. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2010. 204 p. (Série FGV Management. Gestão Empresarial).

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control: a modern introduction**. 6th. ed. Hoboken: Wiley, 2009.

NUNES, J. D. S.; AMARAL, F. R. C. A.; MARTINS, W. F.; LIRA, A. L. Pesquisa de otimização de processo produtivo de doce artesanal. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 59, n. 1, p. 193-203, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4875>.

OLIVEIRA, C. A. B.; SILVA, J. V. F.; BIANCHI, N. A.; CAMPOS, C. I.; OLIVEIRA, K. A.; GALDINO, D. S.; BERTOLINI, M. S.; MORAIS, C. A. G.; SOUZA, A. J. D.; MOLINA, J. C. Influence of Indian cedar particle pretreatments on cement-wood composite properties. **BioResources**, v. 15, n. 1, p. 1656-1664, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15376/biores.15.1.1656-1664>.

PONCIANO, K. R.; SENA, J. R.; PEREIRA, L. S.; MOREIRA, S. Aplicação do diagrama de Pareto e a metodologia TPM como forma de melhoria do processo produtivo e redução downtime. **South American Development Society Journal**, v. 7, n. 21, p. 173-189, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v7i21p173-189>.

RAMOS FILHO, R. E. B.; SOUZA, J. M.; DUARTE, J. B.; SILVA, V. M.; ACCHAR, W. Compósito de resíduos de mineração com cimento e cal para materiais de construção sustentáveis. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 1, n. 54, p. 193-205, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021v1n54p193-205>.

ROCHA, D. L.; TAMBARA JÚNIOR, L. U. D.; MARVILA, M. T.; PEREIRA, E. C.; SOUZA, D.; AZEVEDO, A. R. G. A review of the use of natural fibers in cement composites: concepts, applications and Brazilian history. **Polymers**, v. 14, n. 10, 2043, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/polym14102043>.

RONQUIM, R. M. **Produção e caracterização físico-mecânica do compósito cimento-madeira com variação granulométrica dos resíduos lignocelulósicos**. 2013. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Itapeva, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/120858>. Acesso em: 17 mar. 2023.

ROSA, T. S.; SCHWEITZER, V. R.; TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S. Physical and mechanical properties of oriented wood-cement boards produced with five eucalyptus species. **Revista Floresta**, v. 47, n. 3, p. 317-322, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i3.50789>.

RUTHES, H. C.; MORAIS, C. A. G.; ALMEIDA, D. H.; CAMPOS, C. I.; CHRISTOFORO, A. L.; BERTOLINI, M. S. Análise físico-mecânica de compósitos madeira-cimento e uso de modelos micromecânicos na predição de suas propriedades. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 59, n. 4, p. 1099-1117, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5517>.

SILVA, R. C.; GARCIA, E. L.; PIERRE, F. C. Utilização das ferramentas da qualidade no processo produtivo de uma padaria localizada em Botucatu, São Paulo. *In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC DE BOTUCATU*, 8., 2019, Botucatu-SP. **Anais [...]**. Botucatu: Fatec, 2019. p. 1-7. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIIJTC/VIIIJTC/paper/view/1955>. Acesso em: 17 mar. 2023.

STEFFENS, A. H. **Estudo da composição química dos óleos essenciais obtidos por destilação por arraste a vapor em escala laboratorial e industrial.** 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3155>. Acesso em: 17 mar. 2023.

STOKKE, D. D.; WU, Q.; HAN, G. **Introduction to wood and natural fiber composites.** [S.l.]: Wiley, 2013. 314 p.

VILLAS-BÔAS, B. T.; PARCHEN, C. F. A.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G.; COSTA, M. R. M. M. Avaliação dos efeitos de diferentes dosagens de água/cal na resistência à compressão axial de compósitos de madeira-cimento. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0109>.

WEBER, A. M.; CECHIN, L.; TOKARSKI, R. B.; MATOSKI, A. Análise da influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 1, n. 36, p. 50-59, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n36p50-59>.