

Aproveitamento de talos de mamona (*Ricinus communis*) para produção de painéis aglomerados

Autores:

Flávia Maria Silva Brito

Doutora em Recursos Florestais, Pós doutoranda na Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro

Juarez Benigno Paes

Universidade Federal do Espírito Santo

Lourival Marin Mendes

Universidade Federal de Lavras

José Benedito Guimarães Júnior

Universidade federal de lavras

DOI: 10.58203/Licuri.21882

Como citar este capítulo:

BRITO, Flávia Maria Silva *et al.* Aproveitamento de talos de mamona (*Ricinus communis*) para produção de painéis aglomerados. In: Andrade, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 9-21.

ISBN: 978-65-85562-18-8

Resumo

Este estudo objetivou produzir e caracterizar painéis aglomerados de talos de mamona. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de $0,70 \text{ g cm}^{-3}$. As propriedades analisadas foram densidade aparente, inchamento em espessura (IE) em 2 e 24 horas, módulo de ruptura e módulo de elasticidade. Adicionalmente foram produzidos painéis de *Pinus oocarpa* nas mesmas condições para efeito de comparação. A caracterização química das partículas evidenciou que os teores de extrativos e cinzas dos talos de mamona foram superiores aos obtidos para a madeira de pinus. Não houve diferença significativa para as propriedades físicas e todos os valores obtidos para IE 24 h dos painéis atingiram o requisito estipulado pela norma brasileira e apresentaram o mesmo desempenho dos painéis produzidos com madeira de *Pinus*. O módulo de ruptura obtido para os painéis produzidos com talos de mamona foi equivalente àqueles manufaturados com madeira de pinus e atendeu a norma utilizada. Por outro lado, o módulo de elasticidade apresentou desempenho insatisfatório em relação aos painéis de pinus e o valor médio obtido ficou abaixo do estipulado pela norma. De forma geral, os painéis constituídos com talos de mamona apresentaram boa estabilidade dimensional, mas alguns ajustes devem ser realizados no processo de produção com o objetivo de aumentar a resistência dos painéis.

Palavras-chave: Resíduos. Propriedades físico-mecânicas. Painéis de média densidade.

INTRODUÇÃO

Em 2021, a área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 9,93 milhões de hectares. Entre as espécies plantadas a maior área (75,8%) é composta pelo cultivo de eucalipto (7,53 milhões de hectares), 19,4% de pinus (1,93 milhão de hectares) e cerca de 475 mil hectares são ocupados com seringueira, acácia, paricá e teca, segundo a Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2022). Boa parte das florestas plantadas são utilizadas como fonte de matéria prima para produção de celulose, energia, produtos sólidos e painéis de madeira.

Atualmente as indústrias de painéis utilizam como fonte de matéria prima pinus e eucalipto. Segundo a Food and Agriculture Organization - FAOSTAT (2022) a produção brasileira de painéis aglomerados foi equivalente a 3,485 milhões de m³ em 2020. No ano de 2021 houve um aumento na produção totalizando 3,560 milhões de m³ de painéis aglomerados. Eles são utilizados como matéria prima para movelarias, estruturas leves de construção civil e decoração de interiores.

Há uma relação diretamente proporcional entre produção e demanda por matéria-prima para fabricação de painéis, por isso além de aumentar de áreas de plantios com espécies atualmente utilizadas, é necessário buscar novas opções, como os resíduos agrícolas. Os resíduos vêm demonstrando potencial para ser utilizado como uma alternativa ecologicamente favorável para o desenvolvimento tecnológico do setor de painéis. De acordo com Mendes et al. (2010) com a utilização dos resíduos é possível agregar valor, diminuir a pressão sobre as florestas e reduzir os custos de produção das indústrias.

Pesquisas promovidas em Instituições brasileiras demonstram a viabilidade do emprego de resíduos agroindustriais, associados ou não a madeira, que possuem uso potencial, como bambu, bagaço de cana de açúcar, casca de pistache, casca de amendoim e pecíolo de miriti (BAZZETTO et al., 2019; BRITO; BORTOLETTO JÚNIOR, 2019; BRITO et al., 2021; 2022; FURTINI et al., 2023).

Outra opção interessante é o talo de mamona (*Ricinus communis*) para produção de painéis. A mamoneira é uma cultura importante do ponto de vista econômico e social no Brasil e no mundo. É uma planta semiperene, que permite a exploração produtiva no segundo e no terceiro ano após o plantio. O Brasil produziu na safra 2021/2022 43,7 mil

toneladas e na safra de 2022/2023 91,5 mil toneladas, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2022/2023). A mamoneira também é uma planta resistente, pois necessita utilização de pequena quantidade de agrotóxico e se adapta as zonas semiáridas da Região Nordeste, tornando-se uma cultura atrativa para a região (FERNANDES NETO et al., 2008).

Muito utilizada na indústria por possuir mais de 85% de ácido ricinoleico no óleo de suas sementes, garantindo alto índice de viscosidade e maior estabilidade entre todos os óleos vegetais (OGUNNIYI, 2006). A semente de mamona contém 75% de amêndoa e 25% casca, em termos médios. Sua composição química é modificada conforme a variedade e as condições edafoclimáticas. A quantidade obtida de óleo nas sementes situa-se, entre 35% e 55%. O padrão comercial adotado é de 44% (COSMO; GALERIANI, 2019). As empresas responsáveis pelas atividades industriais da cadeia produtiva da mamona são indústrias esmagadoras e refinadoras que produzem em diversos processos industriais (BARROS; RAMOS, 2022).

Muitas pesquisas desenvolvidas para testar painéis de partículas produzidos com resíduos apresentaram resultados satisfatórios em comparação com algumas normas, porém a avaliação da resistência desses painéis ainda necessita de estudos, pois cada insumo possui suas particularidades, que influenciam no quesito qualidade. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade de painéis aglomerados produzidos com talos de mamona.

METODOLOGIA

Origem e processamento do material

Foram colhidas três árvores de *Pinus oocarpa* com idades próximas de 20 anos, cultivadas no *Campus* da Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizada no município de Lavras - Minas Gerais, sob as coordenadas 21° 14' 45" S 44° 59' 59" W e altitude de 920 m. No mesmo local foram coletados alguns exemplares de plantas de mamona para extração dos talos e utilização na produção dos painéis.

As árvores foram seccionadas em toretes com 58 cm. Os discos e os toretes foram encaminhados à Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM) da UFLA. Os discos foram seccionados em quatro partes, obtendo duas cunhas opostas para

análise química e outras duas foram utilizadas para a densidade básica. Já os toretes, ficaram imersos em um tanque com água por um período de 48 horas a 85 °C, para promover o cozimento e conseqüentemente, o amolecimento da madeira para facilitar o processo de laminação.

As lâminas foram geradas em torno laminador, com espessura nominal de 2 mm e, em seguida foram secas naturalmente e em estufa, até atingirem o teor de umidade de 8%. Após a secagem, as lâminas foram moídas em moinho do tipo martelo, contendo uma peneira (abertura de 2 mm), assim como os talos de mamona obtendo-se assim as partículas. Posteriormente foi realizada a classificação e a fração selecionada para produção dos painéis foi a que ficou retida em malha 40 (0,420 mm) para remover tamanhos de partículas finas e uniformes. Após serem classificadas, elas foram secas em estufa a 90 °C, até que atingissem uma umidade próxima de 5%.

Densidade e Análise química das partículas

A densidade básica foi determinada conforme as designações da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003). Foram utilizadas seis amostras para determinação desta propriedade.

A análise das propriedades químicas dos materiais foi realizada em triplicatas. Foram determinados os teores de extrativos totais (ET), a lignina insolúvel (LI), cinzas (CI) de acordo com a NBR 14853 (ABNT, 2010), NBR 7989 (ABNT, 2010) e NBR 13999 (ABNT, 2017), respectivamente. O percentual de holocelulose foi obtido por meio do somatório dos níveis de lignina (LI), extrativos (ET) e cinzas (CI), subtraídos de 100, conforme mostrado na Equação 1.

$$\text{Holocelulose (\%)} = 100 - (\text{LI} + \text{ET} + \text{CI}) \quad (1)$$

Produção dos painéis aglomerados

Os painéis aglomerados foram produzidos com densidade nominal de 0,70 g cm⁻³. Utilizou-se o adesivo a base de uréia formaldeído com teor de sólidos de 12% em relação a massa seca das partículas. As características do adesivo foram o teor de sólidos de 68,67%, viscosidade de 470 cP, gel time de 55 segundos e pH de 8,72, conforme as descrições presentes na ficha técnica que acompanhava o produto.

Após a mistura manual do adesivo com as partículas, procedeu-se ao arranjo do material dentro de uma caixa de madeira formadora de colchão. O colchão foi pré-prensado a frio em prensa hidráulica com pressão de 4,0 Mpa, durante 10 minutos, para retirada de ar e pré-consolidação dos painéis. Em seguida foi transportado até a prensa automática. Os parâmetros adotados para o ciclo de prensagem foram: pressão de 4,0 MPa, temperatura de 180 °C e tempo de 15 minutos. Foram produzidas seis unidades experimentais (três de pinus e três de talos de mamona) com as seguintes dimensões de 30 x 30 x 1,5 cm (largura x comprimento x espessura).

Os painéis foram acondicionados em sala climatizada 20 ± 2 °C e umidade relativa de $65 \pm 3\%$ até a cura final do adesivo. Em seguida, foram submetidos ao processo de esquadreamento para a retirada dos efeitos de bordas e, posteriormente, na serra circular para a retirada dos corpos de prova e posterior avaliação dos painéis. Além da razão de compactação, foram avaliadas a densidade aparente, inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, flexão estática, com determinação do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), de acordo com a Norma Brasileira NBR 14810, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2018).

Análise dos resultados

Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com dois tratamentos que consistiram em espécies diferentes (talos de mamona e madeira de pinus). Para verificar o efeito dos tratamentos sobre as propriedades dos painéis produzidos foi realizada uma análise de variância (teste $F < 0,05$), para classificar os tratamentos. Adicionalmente, os valores médios das propriedades testadas foram confrontados com os parâmetros requeridos pela NBR 14810 (ABNT, 2018), que estipulam os requisitos para painéis não estruturais para uso interno em condições secas (Tipo P2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade e Análise química das partículas

A densidade obtida para a madeira de pinus foi 0,51%, resultado semelhante ao relatado por Brito *et al.* (2022) de $0,520 \text{ g cm}^{-3}$ e superior ao relatado por Furtini *et al.* (2022) de $0,480 \text{ g cm}^{-3}$. A madeira pode ser classificada como de média densidade, pois sua densidade básica ($0,51 \text{ g cm}^{-3}$) está na faixa de 0,50 a $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ (CSANÁDY *et al.*,

2015). Pesquisadores como Moslemi (1974), Maloney (1993) e Iwakiri (2005) recomendam madeiras nesta faixa de densidade, para produção de painéis aglomerados, por gerarem alta razão de compactação.

Para os talos de mamona a densidade básica foi de $0,16 \text{ g cm}^{-3}$. Há relatos que descrevem baixos valores para densidade básica de outros resíduos agrícolas como Brito et al. (2020), que obtiveram valor médio de $0,090 \text{ g cm}^{-3}$ para o bagaço de cana de açúcar e Furtini et al. (2023) que encontraram $0,060 \text{ g cm}^{-3}$ para o pecíolo de meriti (*Mauritia flexuosa*, fam. Arecaceae). Na Tabela 1 estão descritos os valores obtidos para os componentes químicos dos talos de mamona e da madeira de pinus.

Tabela 1. Componentes químicos da madeira de pinus e dos talos de mamona.

Componentes químicos (%)	<i>Pinus</i>	Talos de mamona
Extrativos	5,89 b	1,17 a
Lignina	5,5 a	24,88 a
Cinzas	0,90 b	8,21 a
Holocelulose	67,70 a	55,75 b

Medias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem (teste F, $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 1, nota-se que o teor de extrativos obtido para os talos de mamona diferiu do teor da madeira, com maior valor médio. O teor de extrativos do *Pinus* foi inferior ao relatado por Santos et al. (2022) que obtiveram valor médio de 6,18%. *Pinus* é uma das matérias-primas mais utilizadas para produção de painéis nas indústrias de aglomerados.

O teor de extrativos obtido para os talos de mamona foi inferior aos relatados para outros insumos. Vivian et al. (2021) relataram 5,7%, para o bagaço de cana, Machado et al. (2017) encontraram para o resíduo de babaçu 1,10% no epicarpo e 1,11% no endocarpo, mas foi superior ao descrito por Silva et al. (2018) que trabalharam com a casca da mamona e obtiveram valor médio 30,10%. Altos teores de extrativos (>10%) podem diminuir a qualidade do painel (MACHADO et al. 2017). Segundo Marra (1992) a qualidade é afetada, pois os extrativos tendem a dificultar o processo de colagem resultando em baixa resistência da ligação adesiva entre as partículas.

Para o teor de lignina observa-se que não houve diferença significativa entre as espécies avaliadas. O teor de lignina da madeira foi semelhante aos relatados por Furtini et al. (2022) de 29,28% e Brito et al. (2021) de 29,43%, para a mesma espécie. O teor obtido para os talos de mamona foi 24,88%, semelhante a outros resíduos agrícolas como Borges et al. (2022) que obtiveram 22,04% e Vivian et al. (2022) que encontraram 24,50% para o bagaço de cana. O resultado foi superior ao obtido por Silva et al (2008) que encontraram 7,88% nas cascas da mamona.

A lignina no sistema da matriz estrutural do painel aglomerado contribui para os mecanismos de adesão, pois, age como amortecedor das microfibrilas de celulose, limitando o movimento paralelo à grã (BUFALINO et al., 2012), facilitando o encolamento das partículas. Além disso, o teor de lignina pode proporcionar maior durabilidade para os painéis.

Os teores de cinzas obtidos para ambas as espécies diferiram significativamente entre si. O valor obtido para a madeira de *Pinus* foi 0,90%, resultado intermediário entre os relatados na literatura. Andrade et al. (2019) encontraram 0,20%, enquanto Furtini et al. (2023) obtiveram valor médio de 1,28%. Para os talos de mamona verificou-se teor médio de 8,21%, semelhante ao encontrado por Silva et al. (2018) para a casca de mamona (8,22%). O resultado foi superior a outros valores de resíduos encontrados na literatura. Brito et al. (2021) trabalharam com casca de pistache e obtiveram valor médio de 1,80%, enquanto Vivian et al. (2022) relataram 5,8% para o bagaço de cana-de-açúcar. Altas concentrações de cinzas são prejudiciais ao desempenho mecânico do painel, pois podem bloquear a adesão e afetar a qualidade da ligação das partículas (SOARES et al., 2017).

O teor de holocelulose foi maior na madeira de *Pinus oocarpa* diferindo significativamente dos talos de mamona. O valor obtido para madeira de *Pinus* foi inferior aos relatados na literatura para a mesma espécie. Faria et al. (2018) obtiveram valor médio de 66,50%, enquanto Furtini et al. (2023) relataram 66,43%. Borges et al. (2022) descreveram, para a casca de soja, teor médio de 64,27%, enquanto Brito et al. (2022) encontraram 51,51%. Segundo Fiorelli et al. (2018), a holocelulose (celulose + hemicelulose) é constituída por regiões amorfas e possui alta capacidade de absorção de água, podendo interferir nas propriedades físicas dos painéis, sendo desejáveis teores menores para reduzir a higroscopicidade.

Propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados

Observa-se na Tabela 2 que a Razão de Compactação (RC) obtida para os painéis produzidos com talos de mamona foi superior a RC dos painéis produzidos com Pinus. Este resultado é decorrente da baixa densidade do talo de mamona ($0,16 \text{ g/cm}^3$) em comparação com a madeira de pinus ($0,51 \text{ g cm}^{-3}$). A RC é determinada pela razão entre a densidade do painel e a densidade do material lignocelulósico (IWAKIRI, 2005), sendo assim o valor aumenta conforme é adicionada maior porcentagem de partículas no colchão.

Tabela 2. Valores médios obtidos para a razão de compactação, densidade aparente, inchamento em espessura em 2 e 24 horas, módulo de ruptura e módulo de elasticidade dos painéis avaliadas.

Propriedades avaliadas	Painéis de madeira	Painéis de talos de mamona
Razão de compactação	1,27 b	4,04 a
Densidade aparente (g cm^{-3})	0,65 a	0,64 a
Inchamento em espessura (%)	12,98 a	12,94 a
Inchamento em espessura (%)	17,31 a	21,24 a
Módulo de ruptura (MPa)	14,77 a	12,68 b
Módulo de elasticidade (MPa)	2.111,00 a	1.272,00 b

Medias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem (teste F, $p > 0,05$).

Iwakiri (2005) estabelece que a faixa ideal de razão de compactação para painéis produzidos com madeira, deve estar entre 1,3 a 1,6; condizente com o valor obtido para os painéis produzidos com madeira de *P. oocarpa* (Tabela 2). De forma semelhante Brito et al. (2020) trabalharam com painéis constituídos com dois materiais de diferentes densidades, sendo bambu (densidade de $0,53 \text{ g cm}^{-3}$) e bagaço de cana-de-açúcar (densidade de $0,09 \text{ g cm}^{-3}$) e verificaram que o bagaço de cana dava origem a painéis com alta razão de compactação (7,22) em relação ao bambu (1,23).

A densidade aparente dos painéis não diferiu entre as espécies avaliadas (Tabela 2). Os painéis podem ser classificados como de “média densidade”, pois se enquadram na faixa determinada pela NBR 14810 (ABNT, 2018). Destaca-se que os valores encontrados ficaram abaixo da densidade nominal estipulada em $0,70 \text{ g cm}^{-3}$. Fato que pode ser justificado devido à perda de partículas durante a formação do colchão, assim como

também pode estar relacionado ao retorno em espessura dos painéis após a retirada da prensa quente e acondicionamento, com consequente aumento do volume dos painéis e redução da densidade nominal inicial (GUIMARÃES JÚNIOR et al., 2016; BAZZETTO et al., 2019). A importância dessa classificação está relacionada com os valores mínimos de inchamento em espessura, absorção de água, módulo de elasticidade, módulo de ruptura e adesão interna (MACHADO et al., 2017).

O inchamento em espessura é a propriedade física mais importante de um produto que não é usado em contato direto com água. Essa propriedade define a estabilidade dimensional do painel. Produtos com maior razão de compactação tendem a apresentar valores de inchamentos superiores, porque estes tendem a liberar as tensões de compressão resultantes da prensagem, além do efeito da densidade, uma vez que maiores quantidades de partículas tornam o material mais higroscópico (IWAKIRI et al., 2018). Entretanto este comportamento não foi observado na presente pesquisa uma vez que, conforme a Tabela 2, nota-se que não houve diferença significativa para o IE em ambos os tempos de imersão.

Situação inversa foi observada por Silva et al. (2018) que conduziram um experimento com painéis de pinus e casca de mamona em diferentes concentrações. Os autores perceberam que os painéis produzidos com 100% de casca de madeira apresentaram maior IE e aqueles produzidos apenas com casca de mamona evidenciaram menor inchamento. Os valores obtidos para IE 2h foram 20% para os painéis de pinus e em torno 10% para os painéis de casca de mamona. Para o IE 24h os painéis de pinus apresentaram valor médio de 33,40% e os de casca de mamona 19,2%. De acordo com a NBR 14810 (ABNT, 2008) todos os painéis atingiram valores abaixo de 22%, índice estipulado como máximo para o IE24h (%).

Ainda de acordo com a Tabela 2 observa-se que houve diferença significativa para os valores de MOR e MOE entre as espécies avaliadas. Os painéis produzidos com madeira de *Pinus* apresentaram maiores médias. Uma hipótese que pode explicar a situação é o teor de adesivo utilizado que talvez não tenha sido suficiente para cobrir as partículas de talos de mamona, em função da menor densidade do material, que resultou em pontos de fragilidade na estrutura do painel no momento da aplicação da força, comprovado pelos baixos valores de MOR e MOE.

Para painéis produzidos com várias proporções de pinus e casca de mamona, Silva et al. (2018) verificaram que a medida em que eram acrescentadas as partículas de casca

de mamona ocorria uma redução na resistência dos painéis e concluíram que além do baixo teor de lignina, o arranjo anatômico das células da casca da mamona e a baixa densidade da casca também poderiam influenciar o resultado. Os autores obtiveram resultados superiores aos obtidos neste trabalho, sendo 17,80 MPa e 2.783,1 MPa para o MOR e MOE dos painéis constituídos com *Pinus* e 13,00 MPa e 2.527,9 MPa para o MOE e MOE dos painéis produzidos com talos de casca de mamona.

A NBR 14810 (ABNT, 2018) estipula como requisito mínimo para o MOR o valor de 11,00 MPa e 1.800 MPa para o MOE de painéis do tipo P2. Todos os painéis testados atingiram os valores estipulados pela norma, com exceção do módulo de elasticidade dos painéis produzidos com partículas de talos de mamona.

CONCLUSÕES

Os painéis de partículas de talos de mamona foram equivalentes aos produzidos com madeira de pinus para as propriedades físicas atingindo o valor estipulado pela norma para o inchamento em espessura em 24 horas. Atenderam ao requisito mínimo para o módulo de ruptura estipulado pela norma utilizada e demonstrou o mesmo desempenho dos painéis de *Pinus*. Por outro lado, não atendeu ao mínimo estabelecido pela norma para o MOE e demonstrou baixa resistência em relação aos painéis produzidos com madeira de *Pinus*.

De forma geral, os painéis constituídos com talos de mamona apresentaram boa estabilidade dimensional, mas alguns ajustes devem ser feitos no processo de produção com o objetivo de aumentar a resistência dos painéis.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. S.; TARTAGLIA, F. L.; BELTRÃO, N. E. M.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O. Densidade populacional e seu efeito na produtividade da mamoneira BRS Energia sob cultivo irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 3, p. 546-554, 2015.

ANDRADE, N. C. et al. Painéis MDP produzidos com resíduos de extração de celulose. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, n. 3, p. 6446, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810**: painéis de partículas de média densidade. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941**: Madeira - determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13999**: Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7989**: Pasta celulósica e madeira - determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro: ABNT, 2010a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14853**: Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona. Rio de Janeiro: ABNT, 2010b

BARROS, M. A. L.; RAMOS, G. A. **Mamona**. Estatísticas. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/mamona/pre-producao/socioeconomia/estatisticas>>. Acesso: 02 Nov 2023.

BAZZETTO, J. T. L.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; BRITO F. M. S. Effect of particle size on bamboo particle board properties. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. 1-8, 2019.

BORGES, I. A.; MIRANDA, E. H. N.; BRITO, F. M. S.; ALTAFIN, N. C. S.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Potencial de utilização de resíduos da cultura de soja tratados com água e hidróxido de sódio para produção de painéis aglomerados. **Research, Society and Development**, v. 11, p. e29511225762, 2022.

BRITO, F. M. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G. Thermal modification of sugarcane waste and bamboo particles for the manufacture of particleboards. **Revista Árvore**, v. 43, n. 1, e430112, 2019.

BRITO, F. M. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; PAES, J. B.; BELINI, U. L.; TOMAZELLO-FILHO, M. Technological characterization of particleboards made with sugarcane bagasse and bamboo culm particles. **Construction and Building Materials**, v. 262, e120501, 2020.

BRITO, F. M. S.; SILVA, P. X. S.; PALUMBO, S. K. C.; GUIMARAES JUNIOR, J. B.; MENDES, L. M. Technological characterization of particleboards constituted with pistachio shell (*Pistacia vera*) and *Pinus oocarpa* wood. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.16, n.2, e8902, 2021.

BRITO, F. M. S.; SILVA, B. A.; CARVALHO, I. M.; BAÚTI, S. B.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Technological properties of medium density particleboards produced with peanut (*Arachis Hypogaea*) and *Pinus Oocarpa* hulls. **Floresta e Ambiente**, v. 29, n. 2, e20210101, 2022.

BUFALINO, L.; ABINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; CORREA, A. A. R.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. Particleboards made from Australian red cedar: processing variables and evaluation of mixed species. *Journal of Tropical Forest Science*, v.24, n.2, p.162-172, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos. Safra 2022/23. 12° Levantamento.** 110 p.

CSANÁDY, E., MAGOSS, E.; TOLVAI, L. **Quality of machined wood surfaces.** Berlin: Springer, 2015. 257 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAOSTAT. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>>. Acesso em: 02 nov. 2003.

FERNANDES NETO, S.; ABREU, B. S.; BARACUHY NETO, MOURA, G.; ARAÚJO, P. S.; BARACUHY, J. G. V. Impacto ambiental - agroindústria processadora de óleo de mamona/PB. *Ciência e Natura*, v. 30, p. 141-154. 2008.

Cosmo, B. M. N.; Galeriani, T. M. Informações Técnicas: Culturas Energéticas -Nabo Forrageiro, Mamona, Pinhão Manso e Girassol. *Revista Agronomia Brasileira*, v. 3, n. 3, 2019.

FIORELLI, J.; GALO, R. G.; CASTRO JÚNIOR, S. L.; BELINI, U. L.; LASSO, P. R. O.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Multilayer Particleboard Produced with Agroindustrial Waste and Amazonia Vegetable Fibers. *Waste Biomass Valorization*, v. 9, p. 5-6, 2018.

FURTINI, A. C. A.; BRITO, F. M. S.; GUIMARAES JUNIOR, M.; FURTINI, J. A. O.; PINTO, L. M. A.; PROTASIO, T. P.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Substitution of urea-formaldehyde by renewable phenolic compound for environmentally appropriate production of particleboards. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, p. 66562-66577, 2022.

FURTINI, A. C. C.; SANTOS, C. A.; MIRANDA, E. H. N.; VILLARRUEL, D. C. V.; GOMES, D. A. C.; FERREIRA, G. C.; SILVA, M. G.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Aproveitamento do pecíolo de miriti para produção de painéis aglomerados. *Ambiente Construído*, v. 23, n. 2, p. 149-162, 2023.

GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; Xavier, M. M.; Santos, T. S.; Protásio, T. P.; Mendes, R. F.; Mendes, L. M. Inclusão de resíduo da cultura de sorgo em painéis aglomerados de eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 36, n. 88, p. 435-442, 2016.

GUIMARÃES, I. L., VELOSO, M. C. R. A.; LISBOA, F. J. N.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; FARRAPO, C. L.; GUIMARAES, JÚNIOR, B. J. Aproveitamento do casquilho de soja para a produção de painéis aglomerados convencionais de baixa densidade. *Revista Brasileira De Ciências Agrárias*, v. 14, p. 1-6, 2019.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** FUPEF. Paraná - Curitiba, 2005, 247 p.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; NASCIMENTO, C. C.; JUIZO, C. G. F.; LENGOWSKI, E. C.; BILCATI, G. K.; GONÇALVES, T. Painéis aglomerados produzidos com seis espécies de madeira tropicais da Amazônia. *Maderas y Bosques*, v.24, n.3, p.e243371, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. IBÁ. **Relatório anual 2022**. 96 p. Disponível em:< <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>> Acesso: 02 nov. 2023.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454p.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard e dry-process fiberboard manufacturing**. 2.ed. São Francisco: Miller Freeman Publication, 1993. 689p.

MACHADO, N. A. F.; FURTADO, M. B.; PARRA-SERRANO, L. J.; PARENTE, M. O. M.; FIORELLI, J.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Painéis aglomerados fabricados com resíduos do coco babaçu. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.12, n.2, p. 202-209, 2017.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, v.1, 244 p. 1974.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MORI, F. A.; CÉSAR SILVA, A. A. Efeito da incorporação de casca de café nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.3, p. 610-617, 2010.

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: a vital industrial raw material. *Bioresource Technology*, 97, 1086-1091. 2006.

RODRIGUES, C.; WOICIECHOWSKI, A. L.; LETTI, L. A.; KARP, S. G.; GOELZER, F. D.; SOBRAL, K. C. A.; CORAL, J. D.; CAMPIONI, T. S.; MACENO, M. A. C.; SOCCOL, C. R. Materiais lignocelulósicos como matéria-prima para a obtenção de biomoléculas de valor comercial. p. 283 -314. In: **Biotecnologia Aplicada à AgroIndústria - Vol. 4**. São Paulo: Blucher, 2017.

SOARES, S. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; PROTÁSIO, T. P.; LISBOA, F. J. N. Valorização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados de baixa densidade. *Ciência da Madeira*, v. 8, n. 2, p. 64-73, 2017.

SANTOS, C. A.; FURTINI, A. C. C.; VILLARRUEL, D. C. V.; MIRANDA, E. H. N.; GOMES, D. A. C.; MENDES, L. M.; GUIMARAES JUNIOR, J. B. Utilização da madeira de *Pinus oocarpa* e *Coffea arábica* para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB). *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, e40611326795, 2022.

SILVA, D. W.; SCATOLINO, M. V.; PRADO, N. R. T. MENDES, R. F.; MENDES, L. M. Addition of Different Proportions of Castor Husk and Pine Wood in Particleboards. **Waste Biomass Valorization**, v. 9, p. 139-145. 2018.

VIVIAN. M. A.; SANTOS, J. R. S.; SEGURA, T. E. S.; SILVA JÚNIOR, F. G.; BRITO, J. O. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar e suas potencialidades para geração de energia e polpa celulósica. **Madera y Bosques** v. 28, n. 1, e2812376, 2022.