

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Painéis particulados fabricados com casca de mamona e poliuretano à base de
óleo de mamona

Eduardo Junio Menezes Carvalho

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2023

Eduardo Junio Menezes Carvalho
Engenheiro Físico

**Painéis particulados fabricados com casca de mamona e poliuretano à base de óleo de
mamona**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ NIVALDO GARCIA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2023

RESUMO

Painéis particulados fabricados com casca de mamona e poliuretano à base de óleo de mamona

A mamona (*Ricinus communis*) é uma planta mundialmente conhecida devido à qualidade e características únicas apresentadas em seu óleo. Todavia, a agroindústria, de forma geral, tem produzido uma imensa quantidade de resíduos, e para dar finalidade nobre a essas matérias-primas, o desenvolvimento de painéis à base de resíduos agroindustriais tem sido intensivamente examinado. A casca de mamona, por exemplo, é composta principalmente por celulose e lignina, e é altamente produzida no Brasil, tornando-se um recurso alternativo em potencial para ser aplicado em painéis particulados. Associado ao fato de existir uma tendência global em direção aos produtos biodegradáveis, o uso de poliuretano à base de óleo de mamona vem se mostrando uma ótima opção para a colagem de painéis devido à alta compatibilidade com fibras lignocelulósicas e à redução do grau de toxicidade, além da diminuição do consumo de produtos derivados do petróleo. Diante desta oportunidade, tem-se por objetivo avaliar painéis particulados manufaturados com casca de mamona e poliuretano à base de óleo de mamona. A otimização dos parâmetros de processo correlacionada às propriedades alcançadas possibilita o desenvolvimento de uma metodologia eficiente de produção de painéis sustentáveis, promovendo a valorização de resíduos agroindustriais de grande potencial tecnológico. Desta forma, serão analisadas as influências do teor de resina, da pressão de prensagem e espécies de mamona sobre as propriedades físicas e mecânicas de painéis particulados.

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais, Bioadesivos, Recursos alternativos, Painéis sustentáveis

ABSTRACT

Particleboards manufactured with castor husk and castor oil-based polyurethane

Castor bean (*Ricinus communis*) is a plant known worldwide due to the quality and unique characteristics presented in its oil. However, the agroindustry, in general, has produced an immense amount of residues, and to give a noble purpose to these raw materials, the development of composites based on agroindustrial residues has been intensively examined. Castor bean husk, for example, is mainly composed of cellulose and lignin, and is highly produced in Brazil, making it a potential alternative resource to be applied in particleboards. Associated with the fact that there is a global trend towards biodegradable products, the use of castor oil-based polyurethane has been proving to be a great option for bonding panels due to its high compatibility with lignocellulosic fibers and the reduction of toxicity degree, in addition to the decrease in the consumption of petroleum products. Given this opportunity, the aim is to evaluate particleboards manufactured with castor bean husk and castor oil-based polyurethane. The optimization of process parameters correlated to the properties achieved makes it possible to develop an efficient sustainable panel production methodology and promotes the valorization of agroindustrial residues with great technological potential. Thus, the influences of resin content, pressing pressure and castor species on the physical and mechanical properties of particleboards will be analyzed.

Keywords: Agroindustrial wastes, Bioadhesives, Alternative resources, Sustainable panels

1. INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis*) é uma planta mundialmente conhecida e extensamente explorada devido à qualidade e características únicas apresentadas em seu óleo (SARDARI, 2019; TROVATI et al., 2019). Todavia, como todo processo de extração de óleo, existirá a produção de resíduos. Estima-se que são produzidas 741×10^3 toneladas de casca e 642×10^3 toneladas de torta de mamona por ano no mundo (LIMA et al., 2011). O alto teor de carbono e a solubilidade de nitrogênio presentes na torta de mamona a tornam um ótimo fertilizante, sendo comercializada principalmente na forma orgânica (SEVERINO, 2005). Já a casca de mamona ainda é um resíduo sem finalidade nobre.

A agroindústria, de forma geral, tem produzido uma imensa quantidade de resíduos, e para trazer aplicações a essas matérias-primas, o desenvolvimento de compósitos à base de resíduos agroindustriais tem sido intensivamente examinado (MENDES et al., 2010; BASKARAN et al., 2019). A casca de mamona, por exemplo, é um recurso alternativo em potencial para ser aplicado em painéis particulados, pois é composta principalmente por celulose e lignina, além da grande produção brasileira (SILVA et al., 2016).

Associado ao fato de existir uma tendência global em direção aos produtos que respeitam o meio ambiente, o uso de poliuretano à base de óleo de mamona vem se mostrando uma ótima opção para a colagem de painéis devido à alta compatibilidade com fibras lignocelulósicas e à redução do grau de toxicidade, além da diminuição do consumo de produtos derivados do petróleo (VIDIL et al., 2016; RICHTER, 2018; ZHANG et al., 2018).

Diante desta oportunidade, tem-se por objetivo avaliar painéis particulados manufaturados com casca de mamona e poliuretano à base de óleo de mamona. A otimização dos parâmetros de processo correlacionada às propriedades alcançadas possibilita o desenvolvimento de uma metodologia eficiente de produção de painéis sustentáveis, promovendo a valorização de resíduos agroindustriais de grande potencial tecnológico. Desta forma, serão analisadas as influências dos fatores granulometria das partículas, proporção de cascas, teor de resina, e razão de compactação sobre as propriedades físicas, mecânicas e térmicas dos painéis particulados.

2. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, foi possível avaliar a viabilidade dos painéis particulados fabricados com casca de mamona e poliuretano à base de óleo de mamona.

Os fatores teor de resina, pressão de prensagem e tipo de partícula se mostraram de grande relevância para o processo de fabricação dos painéis particulados. A manipulação dos valores de cada fator pôde gerar produtos em estado precário, como nas fases iniciais dos experimentos, onde partículas descolavam e a resistência era bem baixa, e pôde gerar também produtos de boa qualidade, com capacidade de aplicação em pequenos móveis, decorações, quadros etc. Contudo, as técnicas utilizadas neste trabalho são de características inclusivas, ou seja, de fácil concepção e baixo custo. Assim, existe a possibilidade de refiná-la para a obtenção de um produto mais avançado no aspecto científico e tecnológico, e logicamente de custo mais elevado.

As cascas de mamona selvagem e melhorada geneticamente apresentaram diferenças geométricas significativas. O melhoramento genético teve como uma de suas consequências o aumento do tamanho da semente, o que também alterou a espessura da casca que a envolve. Assim, a casca melhorada geneticamente se mostra com maior poder de compactação, pois é um material pouco espesso e de baixa densidade.

Com relação à mamona selvagem, sua semente é naturalmente menor, e, portanto, não compete por muito espaço com a casca, que por sua vez desenvolve estrutura robusta, espessa e de alta dureza. Apesar das diferenças, as cascas são semelhantes na quantidade dos componentes químicos.

Na fabricação dos painéis, o teor de resina afetou principalmente a resistência, a absorção de umidade e o inchamento em espessura. Já a pressão de prensagem pode ser manipulada para produzir painéis robustos, de alta densidade e resistência. No entanto, deve ser utilizada com precaução, pois pode prejudicar outras propriedades, como o inchamento em espessura.

Foi notória a superioridade dos painéis fabricados com 20% de resina e 1,377 MPa de pressão. As propriedades estudadas apresentaram melhor desempenho após a aplicação desses parâmetros, com exceção do inchamento em espessura, que foi prejudicado após o aumento de pressão. Para a análise do tipo de partícula, a casca da mamona melhorada obteve melhor resultado físico e mecânico, e a selvagem ficou em destaque apenas no ensaio de adesão interna. Com relação a norma técnica NBR 14810 de chapas de madeira aglomerada, apenas as propriedades adesão interna e inchamento em espessura foram satisfeitas.

Esta pesquisa abordou a metodologia de fabricação de painéis de casca de mamona e poliuretano à base de óleo de mamona e a influência de seus parâmetros. Contudo, é possível avaliar mais características do produto para que possa ser refinado e introduzido no mercado. Portanto, recomenda-se avaliar a durabilidade (envelhecimento natural e acelerado), propriedades de tratamento térmico e acústico, e aprofundar-se na manipulação de parâmetros que possam reduzir o consumo de resina, como pressão de prensagem, tamanho da partícula e tratamentos superficiais da partícula, até mesmo como a utilização de outros tipos de resinas de baixo impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.37, p.260-268, 2008.
- ABNT: Associação brasileira de normas técnicas. NBR 11941: Madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro (2003).
- ABNT: Associação brasileira de normas técnicas. NBR 14810 – Chapas de madeira aglomerada (2006).
- ABNT: Associação brasileira de normas técnicas. NBR 14810: Chapas de madeira aglomerada. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ABNT: Associação brasileira de normas técnicas. NBR 14810: Chapas de madeira aglomerada. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ABDULKAREEM, S. A.; RAJI, S. A.; ADENIYI, A. G. Development of particleboard from waste styrofoam and sawdust. *Nigerian Journal of Technological Development*, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 18, 2017.
- ACDA, M. N.; CABANGON, R. J. Termite resistance and physico-mechanical properties of particleboard using waste tobacco stalk and wood particles. *International Biodeterioration and Biodegradation*, [s. l.], v. 85, p. 354–358, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.08.019>>
- AGEITEC. Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. 2005. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vmz02wx5eo0sawqe3kht4d7j.html>>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- AKINYEMI, B. A.; OLAMIDE, O.; OLUWASOGO, D. Formaldehyde free particleboards from wood chip wastes using glutaraldehyde modified cassava starch as binder. *Case Studies in Construction Materials*, [s. l.], v. 11, p. e00236, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00236>>
- ALBERTO, M. M. M. Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.
- ANDRADE, R. P. X. Casca de mamona em substituição ao feno de capim tifton: consumo, digestibilidade e desempenho de ovinos. 2011. 43f. Dissertação (mestrado em zootecnia)/ universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ARABI, M. et al. Interaction Analysis between slenderness ration and resin content on mechanical properties of particleboard. 2011. *Journal of Forestry Research* 22(3): 461-464.
- AUNG et al. Synthesis and characterization of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) oil-based polyurethane wood adhesive. 2014. *Industrial Crops and Products* 60: 177-185.
- ÁVILA FILHO, S. et al. Métodos para determinação de toxinas presentes na torta de mamona. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. Anais ... Brasília, 2006, v.1, p.24-27.
- AZAMBUJA, R. da R. et al. Utilization of construction and demolition waste for particleboard production. *Journal of Building Engineering*, [s. l.], v. 20, n. April, p. 488–492, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.019>>

- AZIZI, K.; TABARSA, T.; ASHORI, A. Performance characterizations of particleboards made with wheat straw and waste veneer splinters. *Composites Part B: Engineering*, [s. l.], v. 42, n. 7, p. 2085–2089, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2011.04.002>>
- BALLONI, C. J. V. Caracterização Física e Química da Madeira de Pinus Elliotti. Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira., [s. l.], p. 42, 2009.
- BARBIRATO, G. H. A. et al. OSB panels with balsa wood waste and castor oil polyurethane resin. 2020. *Waste and Biomass Valorization* 11, 743-751. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0474-8>.
- BARRERO, N. M. G. Estudo da durabilidade de painéis de partículas de bagaço de cana de açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona para aplicação na construção civil. [s. l.], p. 230, 2015.
- BARROS, L. V. et al. Replacement of soybean meal by treated castor meal in supplements for grazing heifer during the dry-rainy season period. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.40, n.4, p.843-851, 2011.
- BASKARAN, M. et al. Properties of Particleboard Manufactured from Oil Palm Trunk Waste Using Polylactic Acid as a Natural Binder. *Waste and Biomass Valorization*, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 179–186, 2019.
- BESERRA, L. T. Casca de mamona em dietas para ovinos de corte. 2010. 83f. Dissertação (mestrado em zootecnia)/ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BIANCHE, J. J. Propriedades de aglomerado fabricado com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida spp.*) Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Magister Scientiae., [s. l.], p. 81, 2009.
- BOMFIM, M. A. D., SEVERINO, L. S., CAVALCANTE, A. C. R. et al. Avaliação da casca de mamona na alimentação de ovinos. In: IV Congresso Nordeste de Produção Animal. Anais ... Petrolina: Simpósio Nordeste de Produção Animal, 2006. p. 936-939.
- BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. *Tecnologia & Ciência. Agropecuária*, v.3, n.4, p. 15-26, 2009.
- BRITO, F. M. S. Produção e avaliação da qualidade de painéis aglomerados constituídos por partículas de bagaço de cana-de-açúcar e bambu. [s. l.], p. 215, 2018.
- BUYUKSARI, U. et al. Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (*Pinus pinea L.*) cones. *Bioresource Technology*, [s. l.], v. 101, n. 1, p. 255–259, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.038>>
- CAI, Z.; MUEHL, J.H.; WINANDY, J. Effects of panel density and mat moisture content on processing medium density fiberboard. *Forest Prod. J.* 56:20-25. 2006.
- CAI, Z.; ROSS, R.J. Mechanical properties of wood-based composite materials. In: ROSS, R.J. (Ed.). *Wood handbook: wood as an engineering material*. Wisconsin: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. chap. 12, p. 1-12.
- CALEGARI, L.; PEDRAZZI, C.; HILLIG, E. Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada. *Ciência Florestal*, Santa Maria, V. 14, n. 1, p. 193-204, 2004.
- CALEGARI, L. et al. Monitoramento da temperatura no interior de chapas aglomeradas durante o processo de prensagem. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 157-166, 2005.

- CÂNDIDO, M. J. D.; BOMFIM, M. A. D.; SEVERINO, L. S. et al. Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal. In: Congresso brasileiro de mamona, 3, Salvador. Anais ... salvador: III Congresso brasileiro de mamona, 2008. p. 21.
- CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; COIADO CHAMMA, P. V. Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 19, n. 1, p. 47-53, 2009.
- CERCHIARI, A. M. F. Aprimoramento do poliuretano a base de óleo de mamona na manufatura de madeira laminada colada (MLC) de *Cupressus lusitanica*, *Corymbia maculata* e *Hevea brasiliensis*. 2013. 105f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.
- CÉSAR, A. A. DA S. et al. Transforming rice husk into a high-added value product: potential for particleboard production. *Ciência Florestal*, v. 27, n. Ciênc. Florest., 2017 27(1), p. 303–313, jan. 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/34192_aca767f0946c9ba86c03ce181a3aa08c>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- COUTINHO, F. M. B e DELPECH, M. C. Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, São Paulo, v. 9, n.1, p. 41-48, 1999.
- CRAVO, J. C. M. et al. Effect of density and resin on the mechanical, physical and thermal performance of particleboards based on cement packaging. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 151, p. 414–421, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.084>>
- CRUZ, M. P. et al. Caracterização química do “pitch” em indústria de celulose e papel de *Eucalyptus*. *Química Nova*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2006.
- DEL MENEZZI, C. H. S. Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB). Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), UFPR, Curitiba-PR, 2004, 226p.
- DIAS, F. M. Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada. 2005. 151f. Tese (Doutorado) – Curso de Física e Química, Departamento de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- DINIZ, L. L. et al. Castor bean meal for cattle finishing: 1-Nutritional parameters. *Livestock Science*, Amsterdam, N1, v. 135, p. 153-167, 2011.
- DRUMMOND, A. R. F. et al. Metanol e etanol como solvente na extração de óleo de mamona. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, 1., 2006, Brasília. Brasília, 2006.
- ELEOTÉRIO, J. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; BORTOLETTO JÚNIOR, G. Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes massas específicas e teores de resina. *Ciência Florestal*, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 75, 2000.
- FADHILL, A. B.; AL-TIKRITY E. T.; ALBADREE M. A. Transesterification of a novel feedstock, *Cyprinus carpio* fish oil: influence of co-solvent and characterization of biodiesel. *Fuel* 2015; 162:215-23.
- FADHIL, A. B.; AL-TIKRITY, E. T. B.; ALBADREE, M. A. Biodiesel production from mixed non-edible oils, castor seed oil and waste fish oil. *Fuel*, [s. l.], v. 210, n. June, p. 721–728, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2017.09.009>>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/1256261/icode/>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- FARIA, D. L. et al. Production of castor oil-based polyurethane resin composites reinforced with coconut husk fibres. *Journal of Polymer Research*, [s. l.], v. 27, n. 9, 2020.
- FARROKHPAYAM, S. R.; VALADBEGYI, T.; SANEI, E. Thin particleboard quality: effect of particle size on the properties of the panel. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 38–43, 2016.
- FAUSTINO, J. et al. Impact sound insulation technique using corn cob particleboard. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 37, p. 153–159, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.064>>
- FERRO, F. S. Painéis OSB com madeira *Schizolobium amazonicum* e resina poliuretana à base de óleo de mamona: viabilidade técnica de produção. [s. l.], p. 101, 2013.
- FIORELLI, J. et al. Particulate composite based on coconut fibre and castor oil polyurethane adhesive: an eco-efficient product. *Ind. Crops Prod.* 40, 69-75 (2012).
- FIORELLI, J.; BUENO, S. B.; CABRAL, M. R. Assessment of multilayer particleboards produced with green coconut and sugarcane bagasse fibers. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 205, p. 1–9, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.024>>
- FOREST PRODUCTS LABORATORY – FPL. Wood handbook: wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. WI: Madison, United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p. 2010.
- GATANI, M. et al. New process for peanut husks panels: Incorporation of castor oil polyurethane adhesive and different particle sizes. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 600, p. 452–459, 2014.
- GHOSAL, S. Castor Oil Prices Spike 23% in Global Market. Disponível em: <<https://economictimes.indiatimes.com/markets/commodities/news/castor-oil-prices-spike-23-in-global-market/articleshow/69089709.cms?from=mdr>>. Acesso em 26 mar. 2021.
- GODOY, M. G. et al. Use of a low-cost methodology for biodetoxification of castor bean waste and lipase production. *Enzyme and Microbial Technology*, [s. l.], v. 44, n. 5, p. 317–322, 2009.
- GOMES, F. et al. Composição Bromatológica e Degradação In Situ de Subprodutos da Cadeia do Biodiesel. *Revista Científica Produção Animal*, v.11, n.2, p.144-156, 2009.
- GUIMARÃES JR, M. Caracterização de fibras e polpas de *Bambusa vulgaris* Schrad refinadas e sem refino com modificação química visando sua utilização como agente de reforço em matrizes poliméricas. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto. Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto, 2011.
- HELLMEISTER, V. Painel OSB de resíduo de madeira Balsa (*Ochroma Pyramidale*). Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.
- HILLIG, E. Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeira de pinus, eucalipto, acácia-negra, puras ou misturadas coladas com tanino-formaldeído. 2000. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

- IWAKIRI, S. A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pinus. 1989. 129 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. FUPEF. Paraná – Curitiba, 2005, 247 p.
- JESUS, J. M. H. De. Estudo do Adesivo Poliuretano à base de Mamona em Madeira Laminada Colada. Tese USP Materiais, [s. l.], p. 109, 2010.
- JIAN, G. Castor oil-based polyurethane sealants, *China Plast.* (2000) 25-32.
- JOSÉ, F. J.; BERALDO, A. L. Chapas prensadas de partículas de bambu e adesivo poliuretano à base de óleo de mamona. In: 10 EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2006, São Pedro – SP. Anais... Botucatu: EBRAMEM, 2006. v. 1. p. 1-11.
- JULIANA, A. H. et al. Properties of particleboard made from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) as function of particle geometry. *Mater Des.* 34:406-411. 2012.
- KATSUKAKE, A. Uma revisão SOBRE resina Uréia-Formaldeído (R-UF) empregada na produção de Painéis de Madeira Reconstituída. 2009. 61f. Monografia de Conclusão de Curso – UNESP – FC, Bauru.
- KAZMIERCZAK, S. Qualidade de painéis de madeira compensada fabricados com lâminas de madeira de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus urograndis*. [s. l.], 2012.
- KELLY, W. W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. USDA Forest Service – Forest Products Laboratory GENERAL Technical Report FPL-10, 1977.
- KOCH, P. Wood versus nonwood materials in U.S. residential construction: some energy-related global implications. *Forest Products Journal*, v.42, n.5, p.31-42, May 1992.
- KOLLMANN, F.P.; CÔTÉ, W.A. Principle of wood science and technology. Part I: Solid Wood. Springer, Berlin. 1968.
- LEE, J. N.; WU, Q. In-Plane dimensional stability of three-layer oriented strandboard. *Wood and Fiber Science*, Madison, v. 34, n. 1, 77-95, 2002.
- LIMA, R. L. S. et al. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. *Industrial Crops and Products*, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 364–368, 2011.
- LIN, H. C.; HUANG, J. C. Using single image multi-processing analysis techniques to estimate the internal bond strength of particleboard. *Taiwan J for Sci*, 19 (2): 109-117.
- MAHIEU, A.; ALIX, S.; LEBLANC, N. Properties of particleboards made of agricultural by-products with a classical binder or self-bound. *Industrial Crops and Products*, v. 130, p. 371-379, 2019.
- MALONEY, T. M. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. 2ed. São Francisco: M. Freeman, 1993, 689p.
- MARTINS, E. H. et al. Soybean waste in particleboard production. *Ciencia e Agrotecnologia*, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 186–194, 2018.
- MATOS, J.L.M. Ciclo de prensa em chapas de partículas estruturais “Waferboards”. 1988. 163p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.
- MATOS, J.L.M. Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L. 1997. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 1997.

- MENDES, L. M. *Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). 156. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- MENDES, L.M. et al. Influência do teor de resina, temperatura e tempo de prensagem na umidade de equilíbrio de painéis de partículas de madeira. *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 4, p. 329-335, 2006.
- MENDES, R. F. et al. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, p.285-295, 2010.
- MENDES, L. M. et al. Lignocellulosic composites made from agricultural and forestry wastes in Brazil. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 517, p. 556–563, 2012.
- MILANI, M.; NOBREGA, M. B. M. Castor Breeding. In: *Plant Breeding from Laboratories to Fields*. [s.l.] : InTech, 2013.
- MIYAMOTO K.; SUZUKI S.; NAKAHARA S. 2002. Effect on particle shape on linear expansion of particleboard. *Journal of Wood Science*, 48(3): 185-190.
- MOSLEMI, A. A. Particleboard. Carbondale and Edwardsville. Southern Illinois University Press, 1974.
- NADHARI, W. N. A. W. et al. Mechanical properties and dimensional stability of particleboard fabricated from steam pre-treated banana trunk waste particles. *Journal of Building Engineering*, [s. l.], v. 26, n. February, p. 22–25, 2019.
- NEMLI, G.; DEMIREL, S. Relationship between the density profile and the technological properties of the particleboard composite. *Journal of Composite Materials*, Lancaster, v. 41, n. 15, p. 1793-1802, aug. 2007.
- NISHIMURA, T.; AMIN, J.; ANSELL, M. P. Image Analysis and bending properties of model OSB panels as a function of strand distribution, shape and size. *Wood Sci Technol*. 38:297-309. 2004.
- OGUNNIYI, D. S. Castor oil: a vital industrial raw material, *Bioresour. Technol*. 97 (2006) 1086-1091.
- OLIVEIRA, M. R. R. de; BRITO, F. M. S.; VILLELA, L. S.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Physical-mechanical properties of panels produced with corn cob particles and different types and contents of adhesives. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 11, p. e541101119828, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19828. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19828>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- OLIVEIRA, A. S. et al. uso alternativo dos coprodutos da mamona. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL. 1., 2006, Brasília. Anais ... Brasília, 2006. v.2, p.8-13.
- OLMOS, M. A. C. Equipamento e processo de fabricação de chapas de madeira aglomeradas a partir de resíduos de madeira. 1992. 110f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- PETROVIC, Z. S. et al. Thermosetting resins from vegetable oils. In: ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE, 57., 1999, New York. Proceedings... New York, 1999. 1 CD-ROM.
- POLETO, S. F. S. Protótipo Arquitetônico utilizando Painéis com Inovação Tecnológica fabricados com Partículas Homogêneas de Resíduos de Madeira. Dissertação (mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.
- POZZER, T. Paineis sanduíche com núcleo corrugado de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina PU-mamona. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019.

- RIBEIRO, N. M. et al. Métodos para desintoxicação de tortas de oleaginosas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2007, Brasília. Anais ... Brasília, 2006. v.1, p.34-37.
- RICHTER, K.; GRUNWALD, I.; VON BYERN, J. Bioadhesives BT - Handbook of Adhesion Technology. In: Handbook of Adhesion Technology. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 1–45.
- SACKEY, E.; SEMPLE, K.; PARK, H.; SMITH, G. Properties of survey of furniture grade particleboard. Part 1 – Variation within M2 grade and a reassessment of the relationships between density, bond strength, and screw withdrawal resistance. In: Forest Products Soc. 59th international convention, June 19-22, 2005. Quebec City, Quebec, Canada.
- SAHIN, A. et al. Mechanical and Thermal Properties of Particleboard Manufactured from Waste Peachnut Shell with Glass Powder. Arabian Journal for Science and Engineering, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 1559–1568, 2017.
- SALTHAMMER, T. The formaldehyde dilemma. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Muenchen, v. 2018, n. 4, p. 433-436. 2015.
- SANTOS, R. C. et al. Chapas de partículas aglomeradas produzidas a partir de resíduos gerados após a extração do óleo da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*). Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 437-446, dez. 2008.
- SANTOS, S. F., Desempenho produtivo e qualidade do leite de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo quatro níveis de casca de mamona. 2008. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) / Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SANTOS, S. F.; BOMFIM, M. A. D. CÂNDIDO, M. J. D. Efeito da casca de mamona sobre a produção, composição e ácidos graxos do leite de cabra. Archivos de Zootecnia, vol. 60, n. 229, p. 114, 2011.
- SARDARI, A.; SABBAGH ALVANI, A. A.; GHAFFARIAN, S. R. Castor oil-derived water-based polyurethane coatings: Structure manipulation for property enhancement. Progress in Organic Coatings, [s. l.], v. 133, n. January, p. 198–205, 2019.
- SEMPLER, K.; SACKEY, E.; PARK, H.; SMITH, G. Properties survey of furniture grade particleboard. Part 2 – MS and M2 grade comparison and a practical in-situ test for internal bond strength. In: Forest Products Soc. 59th international convention, June 19-22, 2005. Quebec City, Quebec, Canada.
- SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, (Documentos, 134), p. 31, 2005.
- SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. mamona: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. p. 153-169.
- SHI, J.L.; ZHANG, S.Y.; RIEDL, B. Effect of juvenile wood on strength properties and dimensional stability of black spruce medium density fiberboard panels. Holzforschung 59(1):1-9. 2005.
- SILVA, G.A; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F.; MORI, F.A.; SANTOS, I.F.; PÁDUA, F.A. Efeitos de algumas variáveis de processamento nas propriedades físicas de painéis de madeira de partículas alongadas. Ciência Florestal, Santa Maria, v.16, n.1, p.51-60, 2006.
- SILVA, N.; MACIEL, M.; BATISTELLA, C.; FILHO, R. Optimization of biodiesel production from castor oil, Appl. Biochem. Biotechnol. 129-132 (2006) 405-414.
- SILVA, D. A. L. Avaliação do ciclo de vida da produção de painel de madeira MDP no Brasil. 2012. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

- SILVA, D. W. et al. Addition of Different Proportions of Castor Husk and Pine Wood in Particleboards. *Waste and Biomass Valorization*, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 139–145, 2016.
- SOMANI, K. P. et al. Castor oil based polyurethane adhesives for wood-to-wood bonding. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 269–275, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749603000447>>
- SOUZA, A. M. et al. Wood-based composite made of wood waste and epoxy based ink-waste as adhesive: A cleaner production alternative. *Journal of Cleaner Production*, v. n. 193, p. 549-562, 2018.
- STEWART, R. Sandwich structures deliver core benefits. 2010. Disponível em <<https://www.materialstoday.com/composite-applications/features/sandwich-structures-deliver-core-benefits/>>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- STRITESKY, V.F.; TIMUSK, P.C. Moisture related properties of Oriented Strand Board (OSB). In: 10DBMC international conference on durability of building materials and components. LYON, France, 17-20. April, 2005.
- SU, Q. et al. Designing a castor oil-based polyurethane as bioadhesive. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, [s. l.], v. 181, n. June, p. 740–748, 2019.
- SUCHSLAND, O. WOODSON, G. E. Fiberboard manufacturing practices in the United States, pp. 112-158 Madison: USDA Forest Service. 1986.
- SUCHSLAND, O.; WOODSON, G. E. Fiberboard manufacturing practices in the United States. USDA, Forest Serv., Washington Agr. Handbook no. 40. p. 263. 1990.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI. T 204 cm-97: Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: TAPPI Standard Method; 1998/1999.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI. T 222 om-11: Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Atlanta: TAPPI Standard Method; 2011.
- TIMBER INDUSTRY NEWS. List of largest wood-based panel producers in China. 2019. Disponível em <<https://www.timberindustrynews.com/list-of-largest-wood-based-panel-producers-in-china/>>. Acesso em: 22 Jun. 2021.
- TROVATI, G. et al. Production and characterization of polyurethane castor oil (*Ricinus communis*) foam for nautical fender. *Polymer Testing*, [s. l.], v. 73, n. July 2018, p. 87–93, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.11.010>>
- TSOUMIS, G. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991.
- VALARELLI, I. D. D. et al. Physical and mechanical properties of particleboard bamboo waste bonded with urea formaldehyde and castor oil based adhesive. *Revista Materia*, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 1–6, 2014.
- VALENTE, O. S.; PASA V. M. D.; BELCHIOR C. R. P.; SODRE J. R. Physical-chemical properties of waste cooking oil biodiesel and castor oil biodiesel blends. *Fuel* 2011; 90:1700-2.
- VALLE, A.C.M. Influência da adição de nanopartículas de dióxido de titânio (TiO₂) nas propriedades físico-mecânicas de painéis MDP. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.
- VIDIL, L. et al. Thermal insulating particle boards reinforced with coconut leaf sheaths. *Green Materials*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 31–40, 2016.

- VILAR, W. D. Química e tecnologia dos poliuretanos. 2. ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria Técnica, 2000.
- WANG, S.; WINISTORFER, P.M.; MOSCHLER, W.; HELTON, C. Hot-pressing of oriented strand board by step-closure. Forest Products Journal, Madison, v. 50, n. 3, p. 28-34, 2000.
- WANG, D.; SUN, X. S. Low density particleboard from wheat straw and corn pith. Ind. Crops Prod. 15:43-50. 2002.
- WANG, S.; KNUDSON, R.M. Suitability of oriented strand board for upholstered furniture technical analysis. Forintek report No. 3251. Ste-Foy, Québec Canada. 64 pp. 2002.
- WANG, X.; SALENIKOVICH, A.; MOHAMMAD, M. Localized density effects on fastener holding capacities in woodbased panels. Forest Prod. J. 57(1/2):103-109. 2007.
- WECHSLER, A. et al. Macadamia (*Macadamia integrifolia*) shell and castor (*Ricinus communis*) oil based sustainable particleboard: A comparison of its properties with conventional wood based particleboard. Materials and Design, [s. l.], v. 50, p. 117–123, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2013.03.008>>
- WOODS, G. The ICI polyurethanes book. New York: John Willey, 1990.
- ZHANG, M. et al. Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strand. Japan Wood Science, Japan, n. 44, p.191-197, 1998.
- ZHANG, H. et al. Impact modelling and a posteriori non-destructive evaluation of homogeneous particleboards of sugarcane bagasse. Journal of Nondestructive Evaluation, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 1–30, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10921-018-0461-9>>