ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Caracterização de painéis pós-consumo para elaboração de um novo painel aglomerado

Characterization of post-consumer panels for the development of a new particleboard

Vitória Bortolotti de La Libera
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" | Bauru | Brasil | vitoria.bortolotti@unesp.br
Matheus Viana De Souza
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Natal | Brasil | matheus.viana.378@ufrn.edu.br
Antônio José Santos Junior
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" | Ilha Solteira | Brasil | antonio.jose@unesp.br
Felipe Reis Rodrigues
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" | Ilha Solteira | Brasil | fr.rodrigues@unesp.br
Lucas Eduardo Dezen
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" | Ilha Solteira | Brasil | lucas.dezen@unesp.br
Marjorie Perosso Herradon
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | marjorie.perosso@unesp.br
Sérgio Augusto Mello da Silva
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" | Ilha Solteira | Brasil | sergio.mello@unesp.br

Resumo

Devido aos padrões de consumo acelerados e mutáveis, é comum a troca de móveis, os quais são desmontados e seus componentes separados. As partes não aproveitadas, geralmente os painéis de madeira, são destinadas a aterros sem alternativa de uso. Este estudo propôs analisar as características dos painéis pós-consumo, provenientes de móveis descartados, visando propor sua utilização como matéria-prima na produção de painéis aglomerados. Para produção do novo painel, com as partículas

Como citar:
LIBERA, Vitória Bortolotti de La; SOUZA, Matheus Viana de; JUNIOR, Antonio José Santos; RODRIGUES, Felipe Reis; DEZEN, Lucas Eduardo; HERRADON, Marjorie Perosso; SILVA, Sergio Augusto Mello da. Caracterização de painéis pós-consumo para elaboração de um novo painel aglomerado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

vieram da degradação dos painéis pós-consumo, utilizou-se a proporção em massa de 100% de partículas pós-consumo e 10% de resina poliuretana à base de mamona, prensadas à 5Mpa, com uma temperatura de 160 °C, durante 10 minutos. Tanto os painéis pós-consumo quanto o novo desenvolvido foram avaliados conforme as normas vigentes, com um teor de umidade de 8,82%, inchamento, 13,30%, e absorção, 23,36%, além de MOE, MOR e TP, com 3559,48 MPa, 30,90 MPa e 1,40 MPa, respectivamente, o novo painel desenvolvido pôde ser classificado como do tipo P3. Os resultados indicam as partículas pós-consumo podem ser utilizados como substitutas da madeira, se tornando uma alternativa viável, promovendo a reutilização.

Palavras-chave: Painéis aglomerados. Resíduo. Reciclagem. Sustentabilidade.

Abstract

Due to accelerated and changing consumption patterns, it is common to exchange furniture, which is dismantled, and its components separated. The unused parts, generally the wooden panels, are sent to landfills with no alternative use. This study proposed to analyze the characteristics of post-consumer panels, coming from discarded furniture, aiming to propose their use as raw material in the production of particleboard panels. To produce the new panel, with the particles coming from the degradation of post-consumer panels, a mass proportion of 100% post-consumer particles and 10% castor-based polyurethane resin was used, pressed at 5Mpa, with a temperature of 160°C for 10 minutes. Both the post-consumer panels and the newly developed one were evaluated according to current standards, with a moisture content of 8.82%, swelling, 13.30%, and absorption, 23.36%, in addition to MOE, MOR and TP, with 3559.48 MPa, 30.90 MPa and 1.40 MPa, respectively, the new panel developed could be classified as type P3. The results indicate that post-consumer particles can be used as a substitute for wood, becoming a viable alternative, promoting reuse.

Keywords: Particleboards. Residue. Recycling. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, os avanços na produção e distribuição de bens têm acelerado o consumo, que evoluiu de uma necessidade funcional para um modelo hedonista, influenciado pelo desejo e pela capacidade de compra [1]. Esse padrão de consumo acelerado resultou no aumento contínuo do volume de resíduos, à medida que os produtos são substituídos para acompanhar as tendências efêmeras [2].

No contexto do mobiliário, a influência das tendências de decoração resulta na substituição frequente de peças [3], levando ao descarte que contribuem para aumentar os 343 quilos de resíduos produzidos anualmente por cada brasileiro [4]. A Política Nacional de Resíduos Sólidos [5], impõe ao consumidor a obrigação de separar e descartar corretamente esses materiais em locais apropriados, como ecopontos. Contudo, o descarte inadequado ainda persiste e é considerado crime, dada a sua repercussão negativa tanto ambiental quanto urbana [6].

Além disso, o Brasil enfrenta o problema do aumento da demanda por madeira, que a médio prazo se tornará uma relação insustentável entre oferta e demanda [7]. Uma alternativa para mitigar os problemas com os resíduos e a demanda por madeira é a adoção de matérias-primas recicláveis na criação de materiais alternativos, alinhando-se com os princípios do desenvolvimento sustentável da ONU [8].

Os painéis particulados são uma alternativa ideal para a utilização dos resíduos de madeira [9], surgiram como alternativa à escassez de madeira causada pela Segunda Guerra Mundial [10]. Sendo o processo de desenvolvimento dos painéis aperfeiçoado em 1946, nos Estados Unidos, por meios de produções mais avançados [11]. No Brasil, a fabricação iniciou-se em 1966, em Curitiba, Paraná [9]. E se mantém consolidada nas regiões Sul e Sudeste, onde estão localizados os polos moveleiros [11].

Os painéis particulados são partículas de madeira encoladas com resina e conformadas através do calor e da pressão [12]. As principais resinas utilizadas são à base de formaldeído, contudo durante a prensagem há liberação de gazes prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente [9]. Então, uma opção mais sustentável é a resina poliuretana derivada do óleo de mamona, que é biodegradável e de fonte renovável [13]. Os painéis homogêneos têm como característica a distribuição aleatória das partículas [9]. Para produção de novos painéis particulados, com novas propriedades e adequados ao uso que se deseja, é preciso alterar algum ou vários dos parâmetros de concepção [13]. A principal utilização dos painéis é na indústria moveleira, mas há uma vasta gama de possibilidades para eles [11].

Weber e Iwakiri (2015) [14], desenvolveram painéis a partir de resíduos de compensados, MDF (*Medium Density Fiberboard* ou Painel de Fibra de Densidade Média) e MDP (*Medium Density Particleboard* ou Painel de Partícula de Média Densidade), gerados no esquadrejamento e de painéis desclassificados no controle de qualidade, nas proporções puras de resíduo ou combinados. Para fins de comparação, foi selecionada a mistura com 100% de partículas de MDP e 10% de adesivo, ureia-formaldeído, a mais próxima possível da mistura feita neste estudo. Avaliando os resultados, das propriedades físicas e mecânicas do novo painel, houve a indicação de viabilidade técnica de uso dos resíduos de MDP. Os autores concluem que a possibilidade de utilização desse material contribui de forma significativa em termos econômicos e ambientais [14].

Zamarian *et al.* (2017) [15], avaliaram a qualidade dos painéis produzidos a partir de móveis descartados, nas proporções pura de resíduo e na combinada com partículas de Pinus. A mistura selecionada do trabalho dos autores foi a de 100% de móveis descartados com 10% de adesivo ureia-formaldeído. As propriedades físicas e mecânicas, do novo painel demonstraram a interessante viabilidade de uso dos resíduos pós-consumo. Em especial, a possibilidade de uso integral destas partículas sem a mistura com outras de espécies industriais [15].

Por isso, este estudo teve como objetivo analisar e avaliar as características de painéis MDP, provenientes de móveis descartados, na cidade de Lins, interior de São Paulo, propondo a utilização desses resíduos pós-consumo como matéria-prima na produção de novos painéis particulados homogêneos, substituindo totalmente a madeira industrial.

MATERIAIS E MÉTODOS

COLETA DOS PAINÉIS PÓS-CONSUMO

O mobiliário de escritório descartado foi doado pela empresa Newdrop, localizada em Lins. As escrivaninhas foram desmontadas, removendo-se componentes metálicos e plásticos, preservando apenas os painéis de MDP.

CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS PÓS-CONSUMO

Na Tabela 1 estão os parâmetros normativos utilizados para avaliar, tanto os painéis pós-consumo, quanto o novo painel produzido.

Tabela 1: Parâmetros normativos usados para a avaliação dos painéis

Normas	Classificação	Densidade (g/cm³)	Espessura (mm)	T.U (%)	I24h (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	TP (MPa)
NBR 14810-2 (ABNT 2018)	P2	0,550 - 0,750	13-20	5-13	22	11	1.600	0,35
	P3		13-20	-	14	14	1.950	0,45
EN 312 (2003)	P2	-	-	-	-	13	1.800	0,45
	P3		-	-	14	15	2.050	0,45
ANSI A208 (2016)	PBU	<0,64	-	-	-	11	1.725	0,40
	H3	>0,80	-	-	-	23,50	2.750	1,00

Fonte: o autor.

A caracterização dos painéis pós-consumo teve como base os documentos normativos NBR 14810-1 (ABNT, 2013) [12], que trata da terminologia e NBR 14810-2 (ABNT, 2018) [16], EN 312 (2003) [17] e ANSI A208 (2016) [18] que elenca os ensaios e procedimentos necessários para avaliação dos painéis ao nível nacional e internacional.

Primeiramente, dez corpos de prova foram cortados nas dimensões 50 x 350 mm para realização do ensaio de flexão estática, para encontrar os parâmetros para o módulo de resistência à flexão (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE). Outros dez corpos de prova foram cortados com as dimensões de 50 x 50 mm para realização dos ensaios de tração perpendicular (TP), densidade (D), inchamento (I24h) e absorção em água por 24 h (AAh) e teor e umidade (TU), conforme orienta a norma [16].

TRANSFORMAÇÃO DAS PLACAS DE MDP EM PARTÍCULAS

As placas de MDP passaram por corte para serem condicionadas em tambores, onde permaneceram submersas por 15 dias. A cada 5 dias, a totalidade da água era trocada, para evitar o mau-cheiro e possível contaminação por agentes externos, metodologia adaptada de Silva [19]. Com a água, partículas muito finas ou pó também eram descartadas. Conforme o adesivo dos painéis pós-consumo se dissolvia na água, as

partículas iam se soltando. Mesmo assim, alguns grumos não se desmanchavam. Neste caso foi empregado o método de peneiramento forçado, em malha 8mm, friccionando as partículas unidas na peneira, metodologia adaptada de Bezerra [20].

Figura 2: Processo de obtenção das partículas



Fonte: o autor.

Após a etapa anterior as partículas foram secas ao sol por 48 horas e, subsequentemente, em estufa a 100 °C por mais 24 horas, até que a umidade fosse reduzida para menos de 3% [13]; [21]. A Figura 2 exemplifica o processo realizado para obtenção das partículas.

O ensaio de composição granulométrica foi realizado conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003) [22], com algumas adaptações [13]; [23]; [24]. E o ensaio de densidade das partículas foi executado pelo método adaptado do balão volumétrico [25].

PRODUÇÃO DO NOVO PAINEL

Os painéis foram produzidos com densidade inicial de 0,550 g/cm³, dimensões de 350 x 350 x 20 mm, obtendo-se a massa total de 1348 g. O adesivo foi dosado em função da massa seca, 10%, para painéis homogêneos, conforme literatura [23]; [24]. Utilizou-se de resina poliuretana à base de óleo de mamona (PUR), na proporção de 1:1 entre poliol e pré-polímero [25]; [13].

Figura 3: Processo de homogeneização das partículas com adesivo

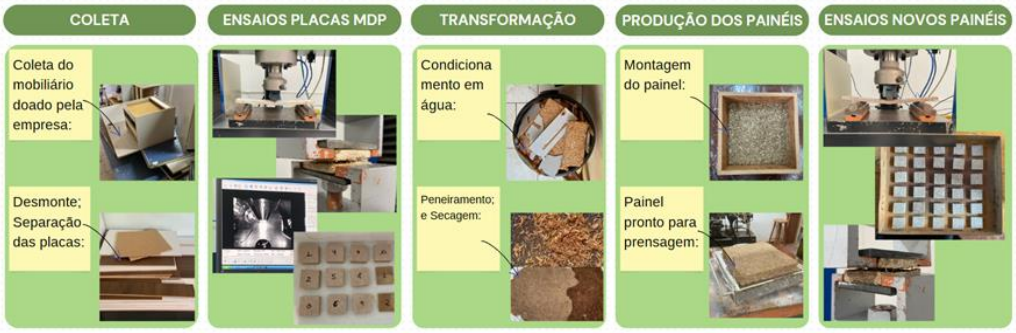


Fonte: o autor.

A homogeneização do adesivo nas partículas foi realizada segundo a metodologia de [13] e [25]. Adicionado primeiramente o poliol, homogeneizando manualmente por 3 min, batendo em betoneira por 5 min, da mesma forma ocorreu a adição e a homogeneização do pré-polímero. A produção do novo painel envolveu prensagem a 160 °C, com 5 MPa de pressão, num ciclo total de 10 minutos, com 5 minutos de prensagem, 30 segundos de alívio e mais 5 minutos de prensagem [27]; [25]; [21], como demonstrado na Figura 3.

Com isso a metodologia da pesquisa seguiu o procedimento experimental resumido pela Figura 1.

Figura 1: Fluxograma geral da metodologia adotada no estudo



Fonte: o autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DAS PARTÍCULAS

O resultado do ensaio de composição granulométrica, Tabela 2, mostram que 74,53% das partículas ficaram retidas nas três peneiras inferiores, que variam de 2,380 a 0,595 mm, podendo ser classificadas como partículas finas. A geometria das partículas pode influenciar as propriedades dos painéis, as finas se forem mal manejadas na estrutura dos painéis acabam prejudicando os valores de MOR e MOE [23]; [24]; [25]. Mas a utilização de material fino confere melhor acabamento superficial ao painel, melhorando-o para ser aplicado em revestimentos [9].

Tabela 2: Composição granulométrica das partículas

Nº Peneira	Abertura (mm)	Massa retida média (g)	Retido (%)	Massa retida acumulada (g)	Retido acumulado (%)
¼"	6,300	2,48	3,54	2,48	3,54
4	4,760	1,79	2,55	4,27	6,10
8	2,380	13,75	19,65	18,02	25,74
16	1,190	20,72	29,60	38,74	55,34
30	0,595	17,69	25,28	56,43	80,61
Fundo	-	13,57	-	-	-

Fonte: o autor.

As partículas de madeira pós-consumo se caracterizaram com 0,596 g/cm³ (Tabela 3), sendo classificadas como de média densidade. A razão de compactação ideal deve estar na faixa de 1,3 a 1,6 para garantir uma boa compactação e densificação dos painéis [27].

Tabela 3: Massa específica das partículas

Tipo	M1 (g)	T (°c)	M2 (g)	Ms (g)	Pal (g/cm³)	Ps (g/cm³)
Matéria prima Pós-consumo	558,7	30	554,5	13	0,789	0,596

Nota: M1 = massa do picnômetro + álcool + partículas, na temperatura T; M2 = massa do picnômetro + álcool, na temperatura T, obtida pela curva de calibração do picnômetro; Ms = massa seca das partículas; ρal = massa específica do álcool.
Fonte: o autor.

Então, o novo painel se enquadra no índice de compactação recomendado (Tabela 4). O painel fabricado neste estudo foi classificado como painel de alta densidade, conforme os critérios das normas NBR 14810-2 (ABNT, 2018) [16] e ANSI A208 (2016) [18], provavelmente devido à influência da densidade das partículas.

Tabela 4: Densidade dos painéis e razão de compactação

Tipo	D (g/cm³)	Ps (g/cm³)	Índice de compactação
100MDP10PUR	0,814 (1,05*)	0,596	1,37

(*) Coeficiente de variação
Fonte: o autor.

ANÁLISES DOS PAINÉIS

Conforme apresenta a Tabela 5, a seguir o teor de umidade dos painéis pós-consumo se manteve dentro do intervalo estabelecido pela norma brasileira, 5 a 13%, e acabou sendo o menor valor encontrado, mesmo perante as pesquisas de comparação. O novo painel atingiu 8,82% de teor de umidade, resultado, 1,73% superior ao de Weber e Iwakiri (2015) [14], e 2,68% maior que o teor dos painéis pós-consumo. O novo painel manteve-se bem próximo dos painéis de comparação e não ultrapassou os requisitos da norma (Tabela 1).

No inchamento após 24 horas os painéis pós-consumo obtiveram o maior valor (Tabela 5) e acabaram ficando dentro apenas do intervalo da norma brasileira NBR 14810-2 (ABNT, 2018) [16] para painéis do tipo P2, não se enquadrando no P3, conforme pode se observar os valores normativos na Tabela 1. O inchamento em espessura do novo painel foi 20,98% maior que o de Weber e Iwakiri (2015) [14], e 12,78% maior que o de Zamarian *et al.* (2017) [15] (Tabela 5). Embora o inchamento do novo painel tenha sido maior que os da literatura, acabou ficando dentro dos valores exigidos pela norma para ambas as classificações (Tabela 1).

Os painéis pós-consumo apresentaram apenas 9,13% de absorção de água após 24 horas, foi o menor valor em comparação aos de Weber e Iwakiri (2015) [14], Zamarian *et al.* (2017) [15] e o novo painel (Tabela 5). A mistura de [14], alcançou 25,13% de absorção de água e a mistura de [15], atingiu 37,75%, ambos valores 7,58% e 61,60%, respectivamente, superiores ao deste estudo, que foi 23,36%.

Tabela 5: Propriedades Físicas e Mecânicas dos Painéis

Nomenclatura	Teor de Umidade médio (%)	Inchamento após 24 horas médio (%)	Absorção após 24 horas média (%)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	TP (MPa)
Pós-consumo	8,59 (3,18*)	16,37 (8,78*)	9,13 (12,41*)	2638,73 (14,25*)	16,37 (9,59*)	1,02 (18,85*)
100MDP10UF – Weber e Iwakiri (2015)	8,67	10,51	25,13	1.185,43	6,47	0,54
100Desc10UF – Zamarian *et al* (2017)	-	11,60	37,75	1.701	11,36	0,75
100MDP10PUR	8,82 (2,21*)	13,30 (3,09*)	23,36 (6,63*)	3559,48 (15,39*)	30,90 (5,67*)	1,40 (15,35*)

(*) Coeficiente de variação
Fonte: o autor.

Os painéis pós-consumo conseguiram atingir os resultados mínimos, de MOE, MOR e TP, para se encaixar em pelo menos uma classificação de cada norma (Tabela 1). Os valores resultantes do painel desenvolvido neste estudo, para MOR, 30,90 MPa, MOE, 3559,48 MPa e tração, 1,40 MPa foram superiores aos mínimos requeridos por norma (Tabela 1) e aos obtidos nos estudos de comparação (Tabela 5).

CONCLUSÕES

O estudo conclui que é possível usar as partículas feitas a partir de painéis pós-consumo em substituição da madeira na produção de painéis aglomerados utilizando resina à base de óleo de mamona.

Os painéis pós-consumo ficaram dentro da classificação normativa brasileira e europeia como painel P2, para condições secas de uso interno e, segundo a norma americana, painel PBU, para enchimento de portas.

O novo painel desenvolvido nesta pesquisa atingiu a classificação de painel P3, segundo a normas brasileiras e a europeias, se encaixando na classificação H3 da norma americana, recebendo classificação superior ao painel que lhe deu origem.

O bom desempenho dos painéis pós-consumo se deu devido a seu uso, sem grandes esforços, manutenção, produção industrial controlada e por estarem conservados em depósito até a doação, sem sofrerem com intempéries e agentes externos.

As propriedades mecânicas mostraram que houve ganho na qualidade do painel quando comparado aos que lhe deram origem, isso também é sentido com relação aos painéis da literatura. O que pode explicar essa melhoria seria o aumento da densidade, o fator de compactação [25], e o tipo de adesivo empregado.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro aos autores durante a pesquisa. À empresa Newdrop pela doação dos mobiliários que seriam descartados. E à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS

[1] BAUMAN, Zygmunt. **Vida para Consumo: a transformação das pessoas em mercadoria.** Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

[2] BAUDRILLARD, J. **A sociedade de consumo.** Lisboa: Edições 70, 2005.

[3] ARAÚJO, A. **Tendências no Design de Produto - Mobiliário Doméstico como Paradigma**. 2016. 140 f. Dissertação (Mestrado em Design de Equipamento) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

[4] IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil:** desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Brasília: Ipea, 2021. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos. Acesso em: 10 março 2024.

[5] BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htmanalto.gov.br. Acesso em: 05 março 2024.

[6] BRASIL. Lei Federal Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 11 março 2024.

[7] EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Contexto e Tendências do Mercado da Madeira.** Brasil, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/64342135/contexto-e-tendencias-do-mercado-da-madeira. Acesso: 14 março 2024.

[8] ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável.** Brasil, 2019. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12. Acesso em: 08 março 2024.

[9] IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2005.

[10] NASCIMENTO, M. F. do; LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L. **Painéis de partículas de média densidade (MDP): fabricação e caracterização.** São Carlos: EESC, 2015.

[11] BRITO, Flávia Maria Silva et al. **Painéis aglomerados: um referencial teórico**. Editora Licuri, p. 90-104, 2023.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-1**: painéis de partículas de média densidade: parte 1: terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

[13] HERRADON, M. P. **Resíduos de movelaria com polietileno tereftalato para produção de painéis aglomerados aglutinados com poliuretano derivado de mamona.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2023.

[14] WEBER, C; IWAKIRI, S. **Utilização de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados**. Ciência Florestal, v. 25, p. 405-413, 2015.

[15] ZAMARIAN, Esoline Helena Cavalli et al. **Production of particleboard from discarded furniture1**. Revista Árvore, v. 41, n. 4, p. e410407, 2017.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: painéis de partículas de média densidade: parte 2: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

[17] EN 312, 2010. Particleboards - Specifications. European Committee for Standardization (CEN) (Brussels, Belgium).

[18] American National Standards Institute – ANSI, 2016. A208.1: Particleboards. ANSI, Gaithersburg, United States.

[19] SILVA, A. J. P. da. **Aplicação de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel particulado similar ao OSB.** Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo – USP, 2006. São Carlos – Brasil.

[20] BEZERRA, V. S. **Farinhas de mandioca seca e mista Brasília**. Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/120197/1/00079010.pdf. Acesso: 15 abril 2024.

[21] GILIO, C. G. et al. **Produção de painéis aglomerados empregando seringueira, teca e poliuretano derivado de óleo de mamona.** Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, João Pessoa, n. 57, p. 86-97, dez. 2021. ISSN 2447-9187.

[22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

[23] De SOUZA, M. V. et al**. Particleboards Manufactured from Tectona grandis Wood Waste with Homogeneous and Three-layer Heterogeneous Compositions for Commercial Purposes. BioResources.** North Carolina, v. 17 (3), p. 5011-5020, 2022a. https://doi.org/10.15376/biores.17.3.5011-5020

[24] De SOUZA, M. V. e al. **Comparative study of particleboards with Hevea Brasiliensis waste from different production and moisture configurations**. Wood Research. Slovakia, v. 67 (5), p. 785-795, 2022b. https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.5.785795

[25] SOUZA, M. V. de; et al. **Painéis aglomerados com resíduo de Pinus caribaea var. caribaea com adesivo bicomponente sustentável**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 23, n. 3, p. 263-276, jul./set. 2023. ISSN 1678-8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212023000300686.

[26] MENDES, L. M. et al. **Efeito 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.

[27] IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. **Painéis de madeira reconstituída.** 2. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2020. 259 p.