



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NO DESEMPENHO DE CHAPAS AGLOMERADAS HOMOGÊNEAS DE MADEIRA

Felipe Reis Rodrigues^{1*}, Luis Guilherme Uliana²; Sergio Augusto Mello da Silva²; Rodrigo Andraus Bispo¹ e Michael Jones da Silva³

*Autor de contato: fr.rodrigues@unesp.br.

¹ Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

² Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

³ Faculdade de Engenharia e Ciências, Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rosana, São Paulo, Brasil

RESUMO

O uso de materiais derivados de madeira, como produto ecológico, tem sido um dos principais focos de pesquisas recentes voltadas para a produção de painéis aglomerados. Ao analisar os estudos relacionados ao concreto, observa-se que a granulometria é um dos aspectos centrais nas investigações sobre o uso dos materiais derivados desse composto. Em função da relevância da granulometria para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi realizada uma combinação entre madeira de pinus e bagaço de cana-de-açúcar, nas proporções de 100/0%, 80/20% e 50/50%, além de resina poliuretano derivada do óleo de mamona, com 10% da mistura total dos materiais. Os ensaios realizados incluíram a análise do teor de umidade das partículas, a granulometria do material e testes para avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados resultantes. Os resultados indicaram um bom desempenho, destacando-se especialmente as proporções em que a substituição do pinus pelo bagaço de cana-de-açúcar apresentou melhor desempenho. O bagaço de cana-de-açúcar revelou-se mais resistente do que a madeira de pinus, mostrando-se uma alternativa promissora e eficiente.

Palavras-chave: pinus; bagaço de cana de açúcar; granulometria.

ABSTRACT

The use of wood-based materials, as an ecological product, has been one of the main focuses of recent external research for the production of particleboard panels. When analyzing studies related to concrete, it is observed that granulometry is one of the central aspects in investigations into the use of materials derived from this compound. Due to the relevance of granulometry for the development of this research, a combination of pine wood and sugarcane bagasse was made, in the proportions of 100/0%, 80/20% and 50/50%, in addition to resin polyurethane derived from castor oil, with 10% of the total mixture of materials. The tests carried out included analysis of the moisture content of the particles, the particle size of the material and tests to evaluate the physical and mechanical properties of the resulting particleboard panels. The results indicated good performance, particularly highlighting the proportions in which the replacement of pine with sugarcane bagasse showed better performance. Sugarcane bagasse proved to be more resistant than pine wood, proving to be a promising and efficient alternative.

Keywords: pine; sugar cane bagasse; granulometry.

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento é um dos grandes problemas sociais ecologicamente falando, isso é muito provável por conta de a madeira ser um material com usos diversos e, porém, dependendo da espécie, pode ser um material renovável (Lőrincz *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024). O uso de madeiras em que levam muito tempo para a sua cultivoação tem sido um outro problema para se desenvolver produtos rápidos, pois o cultivo de madeiras neste patamar é lento e muitas das vezes não é viável. O que gera a discussão sobre a utilização deste tipo de material e também quanto a sua obtenção (Coniglio; Schütt; Appelt, 2024; Jiang *et al.*, 2025; Vandecasteele *et al.*, 2023).

Sendo assim, as florestas de árvores replantadas surgiram como maneira de minimizar o desmatamento por meio da utilização de madeira selecionada e plantada, com o objetivo de ser utilizada depois de um período determinado (Chang *et al.*, 2024; Pimenta *et al.*, 2024). Após o corte desta vegetação, é feito o replantio da mesma para uso posterior, gerando um ciclo autossustentável, o que evita que florestas nativas e intocadas pelo homem sejam desmatadas (Pimentel *et al.*, 2024).

Por outro lado, a utilização de madeira no setor industrial gera uma quantidade considerável de resíduos que, em muitas das situações, acabam sendo descartados e inutilizados, quando não são queimados para produção de energia, o que afeta a qualidade do ar pelos gases gerados através da combustão dos resíduos (Banagiri *et al.*, 2025; Darbandi; Risberg; Westerlund, 2024). Além disso, os derivados de madeira vêm substituindo gradativamente a madeira maciça, pois, dentre as suas qualidades, possui maior estabilidade dimensional, menor peso, menor custo e ainda, no processo de fabricação, observa-se menor gasto de energia com menor tempo de produção e menos esforços (Kabasakal *et al.*, 2023; Xue *et al.*, 2024).

Com vimos, o uso de novos materiais ou produtos tem gerado inúmeros materiais para diversas utilidades. Por isso, o uso da granulometria para ser utilizada em madeiras é algo surpreendente, até porque, é através da granulometria em que irá se desenvolver painéis mais eficientes (Salehi *et al.*, 2024).

Neste trabalho será avaliada a influência da granulometria no desempenho físico e mecânico de painéis de madeira aglomerada, confeccionados por meio da composição de diferentes tipos de resíduos industriais, como os provenientes de marcenaria e usinas de cana-de-açúcar, em diferentes proporções. Com isso, objetiva-se verificar a melhor composição dessas chapas para confecção e avaliação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foi utilizada serragem proveniente de marcenarias na região de São José do Rio Preto – SP, composto por uma variedade de espécies de madeiras. São elas: *Cariniana*

micrantha (Tauari), *Goupia glabra* (Cupiúba), *Vochysia guianensis* (Cambará), *Tabebuia Alba* (Ipê), *Apuleia lei ocarpa* (Garapa).

O bagaço de cana de açúcar utilizado foi proveniente de Usinas Sucoalcoleiras do município de Ilha Solteira da espécie *Saccharum officinarum*.

A resina utilizada é uma poliuretana bi componente derivada de óleo de mamona e para a confecção dos painéis aglomeradas utilizou-se em todos os traços 10% de resina com relação a massa seca das partículas.

É muito importante citar as normas em que se está definido os ensaios, tanto para a granulometria NBR 6457 (ABNT, 2016) e NBR 6458 (ABNT, 2016) e também a norma para o método de ensaio dos agregados graúdos NBR 9939 (ABNT, 2012). E as normas utilizadas para o ensaio de painéis aglomerados NBR 14810-1 (ABNT, 2014) e NBR 14810-2 (ABNT, 2024).

2.1 Preparação dos materiais

2.1.1 Bagaço de cana de açúcar

As partículas de bagaço de cana de açúcar foram colhidas e utilizadas como é o natural, sem nenhum processo de corte, apenas a secagem do material. Por isso foi submetida em estufa a temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ por um período de 72h para a secagem do material e, em seguida, processadas em um moinho de facas.

2.1.2 Madeira

A madeira foi obtida de madeireira, onde era material que seria jogado fora, então ela foi levada ao sol para secagem, e depois foi peneirado com espessura das peneiras de 2 a 6 mm, ficando ideal para a execução dos painéis.

2.2 Procedimento para determinação da granulometria

Conforme a NBR NM 248, (2001), da qual estabelece os procedimentos para a amostragem de agregados, foi executado a granulometria do material. Em seguida, deve-se preparar a amostragem para a realização do ensaio. Como demonstrado, as amostras são colocadas em peneiras como na Tabela 1, e vibradas por 7 min. Depois é limpo cada peneira para se saber a granulometria que há em cada uma das peneiras.

Tabela 1 – Massa mínima por amostra de ensaio

Dimensão máxima nominal do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (kg)
< 4,75	0,3
9,5	1
12,5	2
19	5
25	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fonte: NBR NM 248-2003 (ABNT, 2003)

A madeira possui uma densidade menor do que a brita e a areia, por isso utiliza-se um valor inferior ao normalmente utilizado para o ensaio de agregados de concreto.

2.3 Definição dos painéis

Conforme a elaboração das partículas, foi proposto o tratamento para a confecção dos painéis. A densidade nominal foi no valor de $0,75 \text{ g/cm}^3$, e o volume foi elaborado conforme os valores de $40 \times 40 \times 0,1 \text{ cm}$. Utilizando a Equação 1.

$$D = \frac{m}{v} \text{ g/cm}^3 \quad (1)$$

Onde:

D = densidade nominal dos painéis (g/cm^3);

m = massa em gramas de partículas a ser determinada para confecção dos painéis(g);

v = volume dos painéis definido em função da formadora de colchão (cm^3).

Como demonstra da Tabela 2 os valores que cada material terá conforme a mistura.

Tabela 2 - Tratamentos propostos para confecção dos painéis aglomeradas.

TRATAMENTOS	SERRAGEM (%)	BAGAÇO (%)
T1	100	0
T2	80	20
T3	50	50

Fonte: Próprio autor

2.3.1 Desenvolvimento dos painéis

Foram preparados 3 tratamentos com proporções diferentes de partículas de serragem de madeira e bagaço de cana de açúcar e, em seguida, foram misturados com a resina manualmente e com o auxílio de um misturador de tambor. Com a mistura dos tratamentos pronta, foram preparados os colchões de partículas por meio do depósito e distribuição inicial da mistura, utilizando-se uma formadora para direcionar as partículas às dimensões desejadas, 40x40x10 cm (YANO *et al.*, 2020).

Figura 1 – Colchão de partículas



Fonte: Acervo do autor.

Após, é adicionado o colchão de partículas a prensa sem a formadora, e é acrescentado a força de 32kgf/cm². Este processo foi executado a uma temperatura de 100°C e dividido em 3 etapas, a prensagem inicial de 3 minutos, alívio de pressão de 30 segundos, e prensagem final de 7 minutos.

2.4 Ensaios que foram elaborados

Após a etapa de confecção dos painéis foi realizado os seguintes ensaios físicos (densidade, inchamento após 24 horas, e teor de umidade), e ensaios mecânicos (módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE) e tração perpendicular (TP)).

3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

3.1 Granulometria

Na Tabela 3, a seguir, estão apresentados os resultados obtidos do ensaio para determinação granulométrica do tratamento de referência, considerando-se apenas o uso de serragem para produção dos painéis.

Tabela 3 – Composição granulométrica do T1 (100% madeira).

AMOSTRA : SERRAGEM													
PRO. RESPONSÁVEL: SÉRGIO						OBSERVAÇÃO :							
PENEIRAS		Abert.	Peso Retido		% Retida		% Retida Acumulada			% Passando			
Normal	Auxil.	mm	(g)										
3/8"	-	9,51			0,00		0,00			100,00			
-	1/4"	6,3			0,00		0,00			100,00			
N.º 4	-	4,76	0,50		0,10		0,10			99,90			
N.º 8	-	2,38	349,25		69,84		69,94			30,06			
N.º 16	-	1,19	102,25		20,45		90,38			9,62			
N.º 30	-	0,595	37,45		7,49		97,87			2,13			
N.º 50	-	0,297	7,42		1,48		99,35			0,65			
N.º 100	-	0,149	0,54		0,11		99,46			0,54			
fundo	-	0,075	1,89		0,38		99,84						
Total			500,10		100		4,57						
Peneiras		% Retida Acumulada											
(mm)	→	0,075	0,149	0,297	0,595	1,19	2,38	4,76	6,30	9,5	12,7	19,0	25,4
Serragem		99,84	99,46	99,35	97,87	90,38	69,94	0,10	0,00	0,00	0		

Fonte: Próprio autor

Analisando os resultados obtidos nos ensaios de composição granulométrica, podemos observar que, na medida em que aumenta a proporção de bagaço de cana, o módulo de finura diminui e a curva granulométrica se torna menos acentuada, com uma melhor distribuição de proporções entre as partículas em geral e no intervalo de interesse.

Tabela 4 – Composição granulométrica do T2 (80% madeira e 20% bagaço de cana).

AMOSTRA : SERRAGEM E BAGAÇO DE CANA												
PROF. RESPONSÁVEL: SÉRGIO			OBSERVAÇÃO : 80% + 20%									
PENEIRAS		Abert.	Peso Retido		% Retida		% Retida Acumulada				% Passando	
Normal	Auxil.	mm	(g)									
3/8"	-	9,51			0,00		0,00				100,00	
-	1/4"	6,3			0,00		0,00				100,00	
N.º 4	-	4,76	2,45		0,50		0,50				99,50	
N.º 8	-	2,38	301,50		61,03		61,53				38,47	
N.º 16	-	1,19	96,75		19,59		81,11				18,89	
N.º 30	-	0,595	41,15		8,33		89,44				10,56	
N.º 50	-	0,297	37,15		7,52		96,96				3,04	
N.º 100	-	0,149	11,25		2,28		99,24				0,76	
fundo	-	0,075	3,75		0,76		100,00					
Total			494,00		100		4,29					
Peneiras		% Retida Acumulada										
(mm) →	0,075	0,149	0,297	0,595	1,19	2,38	4,76	6,30	9,5	12,7	19,0	25,4
S/B	100,00	99,24	96,96	89,44	81,11	61,53	0,50	0,00	0,00	0		
diâmetro máximo (mm)	módulo de finura	massa específica		absorção (%)	pulverulento (%)	massa unitária		matéria orgânica				
	4,3	s.s.s. (g/cm³)	seco (g/cm³)			aparente seca (g/cm³)	aparente 4% (g/cm³)					

Fonte: Próprio autor

Tabela 5 – Composição granulométrica do T3 (50% madeira e 50% bagaço de cana).

AMOSTRA : SERRAGEM E BAGAÇO DE CANA												
PROF. RESPONSÁVEL: SÉRGIO			OBSERVAÇÃO : 50% + 50%									
PENEIRAS		Abert.	Peso Retido		% Retida		% Retida Acumulada				% Passando	
Normal	Auxil.	mm	(g)									
3/8"	-	9,51			0,00		0,00				100,00	
-	1/4"	6,3			0,00		0,00				100,00	
N.º 4	-	4,76	6,95		1,33		1,33				98,67	
N.º 8	-	2,38	167,15		32,05		33,38				66,62	
N.º 16	-	1,19	96,10		18,42		51,80				48,20	
N.º 30	-	0,595	73,60		14,11		65,91				34,09	
N.º 50	-	0,297	94,40		18,10		84,01				15,99	
N.º 100	-	0,149	53,30		10,22		94,23				5,77	
fundo	-	0,075	30,10		5,77		100,00					
Total			521,60		100		3,31					
Peneiras		% Retida Acumulada										
(mm) →	0,075	0,149	0,297	0,595	1,19	2,38	4,76	6,30	9,5	12,7	19,0	25,4
S/B	100,00	94,23	84,01	65,91	51,80	33,38	1,33	0,00	0,00	0		
diâmetro máximo (mm)	módulo de finura	massa específica		absorção (%)	pulverulento (%)	massa unitária		matéria orgânica				
	3,3	s.s.s. (g/cm³)	seco (g/cm³)			aparente seca (g/cm³)	aparente 4% (g/cm³)					

Fonte: Próprio autor

3.2 Ensaios físicos e mecânicos

Na Tabela 6, são expostos os resultados do ensaio de densidade aparente, umidade e inchamento 24h.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios físicos de cada tratamento

Tratamento	Densidade (g/cm³)	Teor de Umidade (%)	Inchamento após 24 horas (%)
T1	0,73	6,70	24,27
T2	0,83	6,48	18,46
T3	0,73	5,70	15,10

Fonte: Próprio autor

Ao analisar os dados referentes a densidade, pode-se observar que a proporção de bagaço foi aumentando, a densidade foi caindo novamente até que, no T3, que contém proporções iguais de madeira e bagaço, a densidade foi a mesma que a do painel de referência, somente com serragem. Este aumento de densidade inicial pode ser explicado pelo melhor arranjo entre as partículas e, conseqüente menor quantidade de vazios, provocado pela adição do bagaço, entretanto, ao aumentar a sua concentração, este efeito se torna menos eficiente.

É possível analisar o ensaio realizado por Ayrilmis; Kwon; Han, (2012), ao qual eles realizaram pesquisas utilizando-se de madeira 70% e casca de arroz 30%, e três variedades de porcentagens de resina ureia-formaldeído (UF) e resina fenol-formaldeído (FF) (8, 10 e 12%). O valor de Densidade todas foram inferiores, aos valores da referência. Os valores de inchamento após 24 horas, todos ficaram acima dos valores desta pesquisa para o FF.

Com relação ao estudo elaborado por Pędzik et al., (2024), ao qual eles focaram em realizar pesquisa para acrescentar 100% de madeira nova e 50/50% de resíduos/madeira nova, e UF. Desenvolveram materiais que ficam por igual na proporção 100% madeira nova, e a cana de açúcar se mostrou eficiente nos demais resultados.

Em contrapartida, os resultados do ensaio de inchamento após 24 horas se mostraram extremamente satisfatórios com uma redução considerável em todos os tratamentos com adição de bagaço, chegando a uma redução de até 40% no T3. Esta redução pode ser explicada pela maior afinidade a umidade das partículas de bagaço que não sofrem um efeito tão acentuado a presença de água quanto às partículas de serragem.

Tabela 7 - Resultados dos ensaios mecânicos de cada tratamento.

Tratamento	MOR (MPa)	MOE (MPa)	TP (MPa)
T1	7,40	1108,00	1,12
T2	9,13	1959,41	1,10
T3	11,09	2033,80	0,91

Fonte: Próprio autor

De acordo com os resultados referentes ao MOR, todos os tratamentos tiveram ganho de resistência, mas somente o T3 foi superior ao mínimo exigido pela norma ABNT NBR 14810-2, (2024).

Quanto ao MOE, os valores foram crescentes, conforme foi passando do T1 ao T3. E os valores de T2 e T3 estiveram acima do mínimo exigido pela norma (ABNT, 2024), ficando apenas o T1 abaixo do valor exigido pela norma.

Para os valores adquiridos por Pezdik et al., (2024), os resultados de MOE e MOR chegaram a valores acima do que foi pesquisado nesta produção, eles adquiriram valores entre 11 até 14 MPa de MOR. E valores de 1.600 até 2.700 MPa de MOE. Referente ao MOR, o maior valor desta pesquisa que foi o T3 foi parecido com o menor valor do artigo referenciado, enquanto que para o MOE, o primeiro resultado desta pesquisa foi o menor, porém apenas o primeiro resultado da referência foi menor do que os demais deste artigo.

Para os resultados de TP, os valores foram acima do exigido pela norma, porém houve uma diminuição dos valores conforme foi mudando o valor de sem bagaço de cana e 50% bagaço de cana (T1 até T3). Os valores adquiridos por Ayrimis; Kwon; Han, (2012), para este ensaio estiveram entre 0,14 até 0,24 MPa, resultados que ficaram bem abaixo do que foi proposto nesta pesquisa. Já os valores de TP do artigo de Pezdik et al., (2024), foram bem abaixo do que os resultados desta pesquisa, ficando com valores entre 0,35 até 0,45 MPa.

4. CONCLUSÃO

Os painéis confeccionados para este estudo por meio da associação de partículas de bagaço de cana de açúcar com partículas provenientes de resíduos de madeira de serrarias obtiveram melhora na distribuição granulométrica nos tratamentos propostos e uma compactação adequada no processo de prensagem.

Os resultados obtidos nos ensaios físicos e mecânicos demonstraram que 10% de resina poliuretana a base de mamona foi suficiente para promover uma adesão adequada entre as partículas dos painéis, independente da distribuição granulométrica, além de auxiliar positivamente para um processo de prensagem mais eficiente.

Ressalta-se ainda que, o ajuste feito no tratamento T3 propiciou um melhor desempenho ao painel em todas as propriedades mecânicas e no inchamento após 24 horas, mas acabou excedendo o limite superior de densidade aparente devido à baixa densidade das partículas de bagaço, a melhora considerável obtida na distribuição granulométrica e melhora no processo de prensagem, com ganho de adesão entre as partículas e resistência.

A adaptação do procedimento granulométrico utilizado para agregados graúdo e miúdo de concreto para o ensaio granulométrico dos resíduos industriais deste estudo, madeira e bagaço de cana, obteve resultados satisfatórios e se mostrou adequado para a mensuração do perfil granulométrico de ambos os materiais.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6457. NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, RJ, , p. 7, 9 Jan. 2024. .

ABNT NBR 6458. NBR 6458 - Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, RJ, , p. 10, 29 Sep. 2016. .

ABNT NBR 9939. ABNT NBR 9939 - Agregado graúdo - Determinação do teor de umidade total - Método de ensaio. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, no. 1, 2012. .

ABNT NBR 14810-1. Painéis de partículas de média densidade. Parte 1: Terminologia. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, RJ, vol. 3, p. 9f, 11 Jan. 2014. Available at:

<https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=YUorUE1oVll4MnhnZ1V6enZPaDkrcytTOU VHZDd2aE13NDdRbGFJWFV1OD0=>. Accessed on: 23 Oct. 2024.

ABNT NBR 14810-2. Painéis de partículas de média densidade Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, RJ, vol. 4, p. 87, 27 Sep. 2024. Available at:

<https://www.abntcatalogo.com.br/pnm.aspx?Q=N3h3MjRVVGp4MjUydHp6emV1a2JVdHF MZVZYeUlnWjNtNE5jSUQ5cXp0RT0=>. Accessed on: 23 Oct. 2024.

AYRILMIS, Nadir; KWON, Jin Heon; HAN, Tae Hyung. Effect of resin type and content on properties of composite particleboard made of a mixture of wood and rice husk.

International Journal of Adhesion and Adhesives, vol. 38, p. 79–83, Oct. 2012. DOI 10.1016/j.ijadhadh.2012.04.008. Available at:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014374961200067X>.

BANAGIRI, Shrikar; PARAMESWARAN, Manjunath; KHADAKKAR, Ishanee; MEADOWS, Joseph; LATTIMER, Brian Y. A reduced wood pyrolysis mechanism for evaluating solid and gas phase parameters. **Fuel**, vol. 381, p. 133416, Feb. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.133416>.

CHANG, Minmin; SHEN, Peng; WANG, Lijun; MA, Qingzhi; JIA, Zhixin; HU, Chao; ZHANG, Xuejin. Research progress of eco-friendly plant-derived biomass-based wood adhesives: A review. **Industrial Crops and Products**, vol. 222, p. 120093, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120093>.

CONIGLIO, R.; SCHÜTT, F.; APPELT, J. Challenges for the utilization of ammoxidized lignins and wood fibres as a peat substitute in horticultural substrates. **Journal of Cleaner Production**, vol. 475, p. 143737, Oct. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143737>.

DARBANDI, Tayebah; RISBERG, Mikael; WESTERLUND, Lars. Enhancing particle segregation in stem wood combustion flue gas wet scrubbers: Experimental investigation of operational conditions. **Case Studies in Thermal Engineering**, vol. 64, p. 105427, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105427>.

JIANG, Zishuai; YU, Yuan; WANG, Xin; SUN, Xiaohan; ZHOU, Jiazuo; YANG, Zhaolin; SUN, Miao; YANG, Haiyue; WANG, Chengyu. Etherification modified wood flour adsorbent for removal micro-/nanoplastics from waste water by electrostatic effect. **Separation and Purification Technology**, vol. 354, p. 128889, Feb. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.128889>.

KABASAKAL, Yahya; BAYSAL, Ergün; BABAHAN-BIRCAN, İlknur; ALTAY, Çağlar; TOKER, Hilmi. Investigation of some physical and mechanical properties of wood coated with plant-oil based epoxide nanocomposite materials. **Progress in Organic Coatings**, vol. 176, p. 107383, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107383>.

LŐRINCZ, Ádám; HÁBENCZYUS, Alida Anna; KELEMEN, András; RATKAI, Bonita; TÖLGYESI, Csaba; LŐRINCZI, Gábor; FREI, Kata; BÁTORI, Zoltán; MAÁK, István Elek. Wood-pastures promote environmental and ecological heterogeneity on a small spatial scale. **Science of The Total Environment**, vol. 906, p. 167510, Jan. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167510>.

NBR NM 248. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. **Test**, 2003. .

PEŃDZIK, Marta; KWIDZIŃSKI, Zdzisław; JANISZEWSKA-LATTERINI, Dominika; ROGOZIŃSKI, Tomasz. Particleboard from the residues of wooden door production as a closed material cycle. **Industrial Crops and Products**, vol. 222, p. 119653, Dec. 2024. DOI 10.1016/j.indcrop.2024.119653. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669024016303>.

PIMENTA, Emanuella Mesquita; RAMALHO, Fernanda Maria Guedes; DAMBROZ, Graziela Baptista Vidaurre; COUTO, Allan Motta; CAMPOE, Otávio Camargo; HEIN, Paulo Ricardo Gherardi. Planting spacing and genotype affected the tree growth and variation of wood density and lignin content along Eucalyptus trunks. **Industrial Crops and Products**, vol. 222, p. 119595, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119595>.

PIMENTEL, Débora Cristina; DE SOUZA, João Batista; VENTORIM, Rafaela Zandonade; ALFENAS, Rafael Ferreira; ALFENAS, Acelino Couto; GUIMARÃES, Valéria Monteze; PICOLI, Edgard Augusto de Toledo; MAITAN-ALFENAS, Gabriela Piccolo. Evaluation of lignocellulolytic fungal enzymes for eucalyptus wood degradation. **International Biodeterioration & Biodegradation**, vol. 193, p. 105830, Aug. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2024.105830>.

SALEHI, Hamid; TIMMERFORS, Jessica Gard; HAJMOHAMMADI, Hajar; GARG, Vivek; BERRY, Robert J.; BARLETTA, Diego; POLETTTO, Massimo; JÖNSSON, Leif J.; BRADLEY, Michael S.A.; LARSSON, Sylvia H. The role of particle size and other

properties on silo discharge behaviour of chipped wood biomass. **Powder Technology**, vol. 432, p. 119174, Jan. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.119174>.

VANDECASTEELE, Bart; HOFKENS, Maarten; DE ZAEYTIJD, Jeroen; VISSER, Rianne; MELIS, Peter. Towards environmentally sustainable growing media for strawberry cultivation: Effect of biochar and fertigation on circular use of nutrients. **Agricultural Water Management**, vol. 284, p. 108361, Jun. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108361>.

XUE, Qiuxia; DONG, Youming; ZHAO, Yifan; DENG, Huan; SHI, Jingbo; ZHAN, Xianxu. Physical-mechanical properties and weathering performance of poplar and spruce wood with various tung oil loadings. **Industrial Crops and Products**, vol. 221, p. 119399, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119399>.

YANO, Bruna B.R.; SILVA, Sergio A.M.; ALMEIDA, Diego H.; AQUINO, Viiiicms B.M.; CHRISTOFORO, Andre L.; RODRIGUES, Edson F.C.; JUNIOR, Antonio N.Carvallio; SILVA, Adriano P.; LAHR, Francisco A.R. Use of sugarcane bagasse and industrial timber residue in particleboard production. **BioResources**, vol. 15, no. 3, 2020. <https://doi.org/10.15376/biores.15.3.4753-4762>.

ZHANG, Kun; WANG, Chaolin; ZHAO, Yu; BI, Jing; SHEN, Mingxuan; DENG, Xiaojiang. Study on the effect of wood admixture on the physical and mechanical properties of corn cob ecological recycled concrete. **Journal of Building Engineering**, vol. 88, p. 109116, Jul. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109116>.