



ANGÉLICA GONÇALVES NOGUEIRA

**USO DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS NA FABRICAÇÃO DE
PAINÉIS PARTICULADOS**

LAVRAS – MG

2023

ANGÉLICA GONÇALVES NOGUEIRA

**USO DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS NA FABRICAÇÃO DE
PAINÉIS PARTICULADOS**

Monografia em formato de artigo científico apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior

Orientador

Diogo Antônio Corrêa Gomes

Coorientador

LAVRAS - MG

2023

ANGÉLICA GONÇALVES NOGUEIRA

**USO DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS NA FABRICAÇÃO DE
PAINÉIS PARTICULADOS**

**USE OF LIGNOCELLULOSIC MATERIALS IN THE MANUFACTURE
OF PARTICULATE PANELS**

Monografia em formato de artigo científico apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 25/07/2023

Dr. José Benedito Guimarães Júnior - UFLA

Ma. Carolina Aparecida Dos Santos - UFLA

Dr. Lorrnan De Sousa Arantes - UFLA

Documento assinado digitalmente
 JOSE BENEDITO GUIMARAES JUNIOR
Data: 01/08/2023 11:04:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior

Orientador

Diogo Antônio Corrêa Gomes

Coorientador

LAVRAS - MG

2023

RESUMO

A utilização de resíduos lignocelulósicos na produção de painéis particulados surge como uma alternativa promissora e sustentável na indústria da construção civil. A crescente preocupação com o esgotamento dos recursos naturais e os impactos ambientais decorrentes do uso de materiais convencionais têm impulsionado uma demanda por soluções mais ecologicamente sustentáveis. O presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização de resíduos lignocelulósicos em substituição total da madeira na confecção de painéis particulados. Os materiais investigados incluíram sabugo de milho, mamona, pseudocaule de banana, casquilho de soja, casca de café, casca de arroz e a madeira de eucalipto, como tratamento controle. Os materiais foram processados, secos e em seguida foram encontradas suas densidades e teores de extrativos totais, lignina, cinzas e holocelulose. Depois, os painéis foram produzidos com dimensões nominais de 250 mm x 250 mm x 15 mm, com adesivo uréia-formaldeído e prensagem. Por fim retirou-se corpos de prova, onde foram determinadas a absorção de água, inchamento em espessura, flexão estática (MOR e MOE), densidade aparente e razão de compactação. O desempenho dos resíduos lignocelulósicos foram satisfatórios em muitos quesitos, comparados à madeira. Dentre eles, o mais promissor foi o sabugo de milho, que apresentou resultados até melhores que os da madeira na densidade, extrativos totais, inchamento em espessura, absorção de água e razão de compactação. A incorporação de resíduos lignocelulósicos se mostrou uma estratégia promissora para a redução do impacto ambiental na produção de painéis aglomerados.

Palavras-Chave: Recursos naturais. Painéis aglomerados. Resíduos lignocelulósicos.

ABSTRACT

The use of lignocellulosic residues in the production of particulate panels appears as a promising and sustainable alternative in the civil construction industry. The growing concern with the depletion of natural resources and the environmental impacts resulting from the use of conventional materials have driven a demand for more ecologically sustainable solutions. This study aims to analyze the viability of using lignocellulosic residues in total replacement of wood in the manufacture of particulate panels. The investigated materials included corn cob, castor bean, banana pseudostem, soybean husks, coffee husks, rice husks and eucalyptus wood, as a control treatment. The materials were processed, dried and then their densities and contents of total extractives, lignin, ash and holocellulose were found. Afterwards, the panels were produced with nominal dimensions of 250 mm x 250 mm x 15 mm, with urea-formaldehyde adhesive and pressing. Finally, specimens were removed, where water absorption, thickness swelling, static bending (MOR and MOE), apparent density and compaction ratio were determined. The performance of lignocellulosic residues was satisfactory in many respects, compared to wood. Among them, the most promising was corn on the cob, which presented satisfactory results in almost all aspects, and even better than wood in terms of density, total extractives, thickness swelling, water absorption and compaction ratio. The incorporation of lignocellulosic residues proved to be a promising strategy for reducing the environmental impact in the production of particle board.

Keywords: Natural resources. Clustered panels. Lignocellulosic residues.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	2
2.1	MATÉRIA-PRIMA	2
2.2	DENSIDADE E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA	2
2.3	PRODUÇÃO DOS PAINÉIS	2
2.4	CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS	3
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	3
4	CONCLUSÕES	8
	REFERÊNCIAS	10

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, há uma ampla variedade de possibilidades e combinações disponíveis para a criação de novos materiais, cada um com propriedades e desempenhos específicos. Além disso, a preocupação com os impactos ambientais tem impulsionado a busca por produtos mais ecologicamente sustentáveis. Nesse sentido, esses novos materiais que confrontam e propõem soluções para os problemas ambientais da sociedade, sem comprometer o desempenho e a qualidade dos produtos convencionais já existentes no mercado são cada vez mais procurados (VARANDA et al., 2018).

A indústria da construção civil tem buscado intensificar o uso de materiais lignocelulósicos como alternativa para diferentes aplicações e designs de produtos inovadores (Marinho et al., 2013). Os painéis de madeira reconstituídos são amplamente empregados nesse setor, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Como a madeira possui alta demanda, utilizar resíduos de outros materiais lignocelulósicos pode ser uma estratégia economicamente viável, socialmente satisfatória e ambientalmente sustentável na indústria brasileira de painéis aglomerados (KLIMEK et al., 2018). Na Europa, o uso de resíduos lignocelulósicos alternativos à madeira já é amplamente incentivado devido à disponibilidade abundante, biodegradabilidade e baixo custo dessas matérias-primas (KLIMEK et al., 2018). No Brasil, esse uso também pode ser viável, devido a geração abundante de resíduos agrícolas e florestais (VARANDA et al., 2018).

Estudos de outros autores comprovam que o uso de resíduos lignocelulósicos trazem melhorias quando incorporados a painéis particulados. Furtini et al. (2023) mostrou que as propriedades químicas e físicas dos resíduos de miriti têm potencial para a produção de chapas aglomeradas de baixa densidade, pois esses constituintes apresentaram teores semelhantes aos da madeira de pinus.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da confecção de painéis particulados compostos 100% por resíduos lignocelulósicos, observando seu comportamento químico, físico e mecânico. O uso de materiais novos pode enfrentar resistência por parte da população, e a chave para quebrar essa barreira é o conhecimento. Portanto, este estudo se justifica pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o uso desses materiais, identificando suas limitações e propondo soluções para melhorar sua aplicabilidade e desempenho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

Para a fabricação dos painéis particulados, os materiais lignocelulósicos utilizados foram: sabugo de milho, mamona, pseudocaule de banana, casca de café e casca de arroz provenientes de um experimento realizado no campus da Universidade Federal de Lavras; a madeira de eucalipto e o casquilho de soja foram provenientes de um plantio do campus da Universidade Federal de Goiás, na Regional Jataí.

2.2 DENSIDADE E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

Inicialmente, os materiais foram processados em um moinho de facas do tipo *Willy*, onde a fração utilizada foi a que passou pela peneira de 40 mesh (0,42 mm) e ficou retido na de 60 mesh (0,25 mm). O material seco em estufa a 100°C, e em seguida, foi determinada a densidade aparente dos materiais seguindo a NBR 11941 (ABNT, 2003). Por fim, foram determinados os seus teores de extrativos totais seguindo a Norma ABTCP (1974) M 3/69, teor de lignina insolúvel seguindo a Norma ABTCP (1974) M 10/71 e teor de cinzas seguindo a NBR 13999/ABNT, 2003. Para encontrar o teor de holocelulose, subtraiu-se esses valores por 100%.

2.3 PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

Para a produção dos painéis, as partículas foram secas até a umidade de 3% na base seca, e incorporadas manualmente com adesivo uréia-formaldeído na proporção de 12% em relação à massa seca das partículas. Logo após, o colchão de partículas foi pré-prensado a 0,5 MPa por 5 minutos, a temperatura ambiente, e depois passou pelo ciclo de prensagem com temperatura de 180 °C e pressão específica de 4 MPa, por um período de 15 minutos.

Foram produzidos 3 painéis para cada tratamento utilizado, cujas dimensões nominais e a densidade foram, respectivamente, de 250 mm x 250 mm x 15 mm e 0,60 g/cm³. Na Tabela 1 pode-se visualizar o delineamento utilizado.

Tabela 1. Delineamento experimental para produção dos painéis aglomerados.

Tratamentos	Material	Composição
T1	Madeira	100%
T2	Sabugo de milho	100%
T3	Mamona	100%
T4	Pseudocaulis de banana	100%
T5	Casquilha de soja	100%
T6	Casca de café	100%
T7	Casca de arroz	100%

Fonte: Dados do autor (2023).

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS

Para analisar a qualidade dos painéis, foram retirados corpos de prova e determinadas a absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão de acordo com a ASTM D1037 (American Society for Testing and Materials, 2006), flexão estática (MOR e MOE) de acordo com a DIN 52362 (Deutsches Institut für Normung, 1982) e densidade aparente. Através da razão da densidade do material lignocelulósico pela densidade do painel, obteve-se a razão de compactação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições. Para a análise estatística, foi aplicado o teste de Scott-Knott com nível de significância de 5% para distinguir entre as médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados apresentados na Tabela 1, podemos observar algumas características dos materiais lignocelulósicos utilizados na fabricação dos painéis aglomerados.

Tabela 2. Densidade e análise química

MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS	DENSIDADE (g/cm ³)	EXTRATIVOS TOTAIS (%)	LIGNINA (%)	CINZAS (%)	HOLOCELULOSE (%)
Sabugo de milho	0,17 A	4,35 A	20,51 A	3,5 B	71,64 D
Mamona	0,16 A	12,65 B	30,79 C	2,86 B	53,7 B
Banana	0,28 B	31,01 C	25,87 B	1,88 B	41,24 A
Soja	0,2 B	9,57 B	16,41 A	8,77 C	65,25 C
Café	0,3 B	3,66 A	42,83 D	0,61 A	52,9 B
Madeira	0,55 C	6,15 A	28,05 C	0,25 A	65,55 C
Arroz	0,15 A	10,56 B	15,34 A	14,58 D	59,52 C

Fonte: Dados do autor (2023).

A densidade dos materiais lignocelulósicos variou significativamente, com o arroz, a mamona e o sabugo de milho apresentando densidades menores (0,15 g/cm³, 0,16 g/cm³ e 0,17 g/cm³, respectivamente). Por outro lado, a madeira de eucalipto foi o material com a maior densidade (0,55 g/cm³). A densidade de todos os painéis foi a mesma, 0,6 g/cm³. Como a razão de compactação é definida pela divisão da densidade do painel pela densidade do material lignocelulósico, é desejável que a densidade do material seja baixa, segundo Scatolino et al. (2017)

Em relação aos extrativos totais, observa-se uma ampla variação entre os diferentes materiais. A banana apresenta o maior teor de extrativos totais (31,01%), enquanto o café, o sabugo de milho e a madeira tiveram os menores teores (3,66%, 4,35% e 6,15% respectivamente). Os extrativos totais podem afetar a adesão do adesivo e a estabilidade dimensional dos painéis (MORAIS; AQUINO; CAVALHEIRO, 2021).

A lignina, um componente importante dos materiais lignocelulósicos, também apresentou variações. O café foi o material com o maior teor de lignina (42,83%), seguido pela mamona (30,79%) e pela madeira (28,05%), enquanto o arroz e a soja tiveram os menores teores (15,34% e 16,41% respectivamente). A lignina favorece o processo de adesão das partículas (BUFALINO et al., 2012).

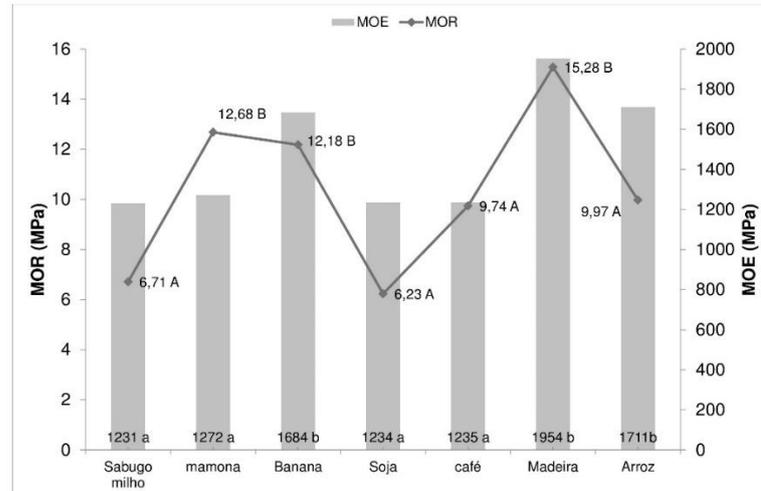
A quantidade de cinzas nos materiais lignocelulósicos também foi observada, sendo a madeira e o café os materiais com os menores teores de cinzas (0,25% e 0,61%, respectivamente), enquanto o arroz apresentou o maior teor de cinzas (14,58%). Teores de cinzas menores são desejáveis, pois elas podem reduzir o desempenho mecânico do painel, prejudicando a adesão e ligação das partículas (SOARES et al., 2017).

Quanto a holocelulose, a banana apresentou o menor teor de holocelulose (41,24%), enquanto o sabugo de milho teve o maior teor (71,64 %). Menores teores de holocelulose são desejados pois, de acordo com Fiorelli et al. (2018), esse composto possui alta capacidade de absorção de água, interferindo nas propriedades físicas dos painéis

Com os resultados dos ensaios de módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) (Figura 1), foi observado uma variação nos valores para os diferentes materiais lignocelulósicos utilizados na fabricação dos painéis aglomerados. A mamona e a banana possuem valores superiores tanto para o MOR quanto para o MOE, enquanto a soja e o milho apresentaram os menores resultados. A banana apresentou resultados próximos à madeira. Todos

os painéis atenderam as especificações mínimas da ANSI A208.1-99 (1999), que determina valores mínimos de 3 MPa e 550 MPa para MOR e MOE, respectivamente.

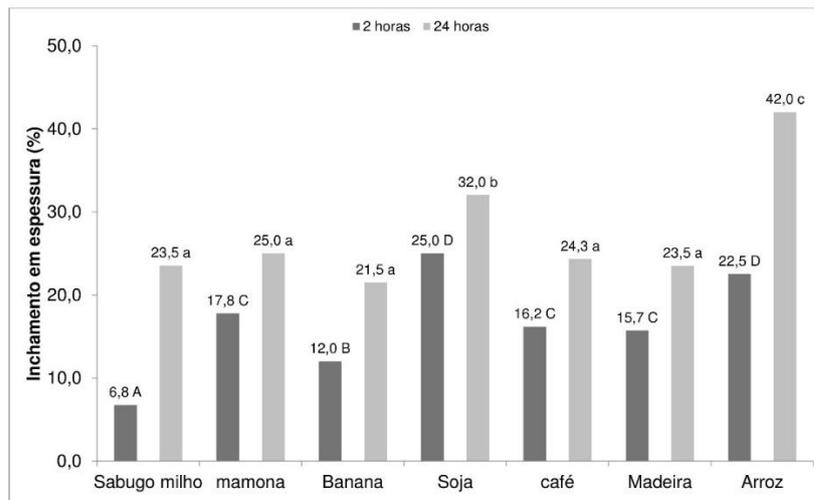
Figura 1 - Resultados dos ensaios MOR e MOE



Fonte: Dados do autor (2023).

De acordo com a Figura 2, ao analisar os valores de inchamento em espessura dos painéis aglomerados após imersão em água, é possível observar que a banana e o milho apresentaram os menores valores, enquanto o arroz e a soja resultaram em porcentagens maiores. Altos teores de inchamento em espessura podem indicar uma menor estabilidade dimensional dos painéis, ressaltando a necessidade de considerar o comportamento dessa propriedade ao selecionar e utilizar materiais lignocelulósicos na fabricação de painéis aglomerados, a fim de garantir a qualidade e durabilidade desses produtos (GUIMARÃES JÚNIOR *et al.*, 2017).

Figura 2 - Resultado do inchamento de espessura

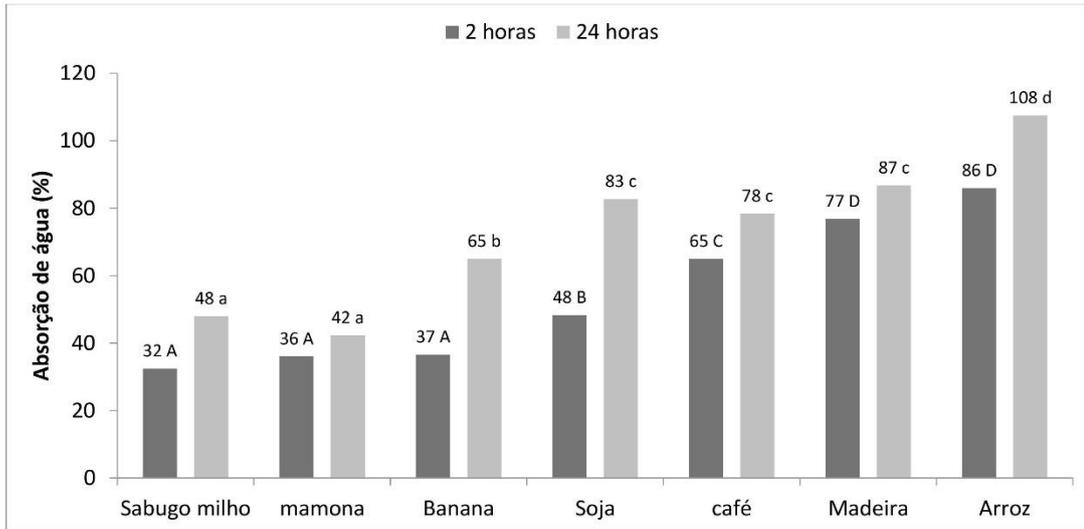


Fonte: Dados do autor (2023).

Por meio da figura 3, é possível analisar os resultados da absorção de água dos painéis em diferentes períodos de imersão. Sendo possível observar que após duas horas de imersão, os menores valores foram os do milho, mamona e banana (32%, 33% e 37%, respectivamente). Já a madeira e o arroz apresentaram os maiores valores (77% e 86%, respectivamente). Após 24 horas de imersão, a madeira e o arroz continuaram apresentando os maiores valores (87% e 108%, respectivamente), enquanto o milho e a mamona corresponderam aos menores valores (48% e 42%).

Com este ensaio, foi possível verificar que a madeira e o arroz apresentaram maiores valores tanto após 2 quanto após 24 horas de imersão. Esses resultados sugerem que esses materiais podem apresentar mais afinidade com a água, fator importante a ser considerado, pois pode afetar a estabilidade dimensional e a durabilidade dos painéis. Materiais com maior absorção de água tendem a ser mais expressivos a problemas como inchamento e deformação (GUIMARÃES JÚNIOR *et al.*, 2017). Por outro lado, materiais como o milho e a mamona absorvem menos água, indicando maior resistência à umidade.

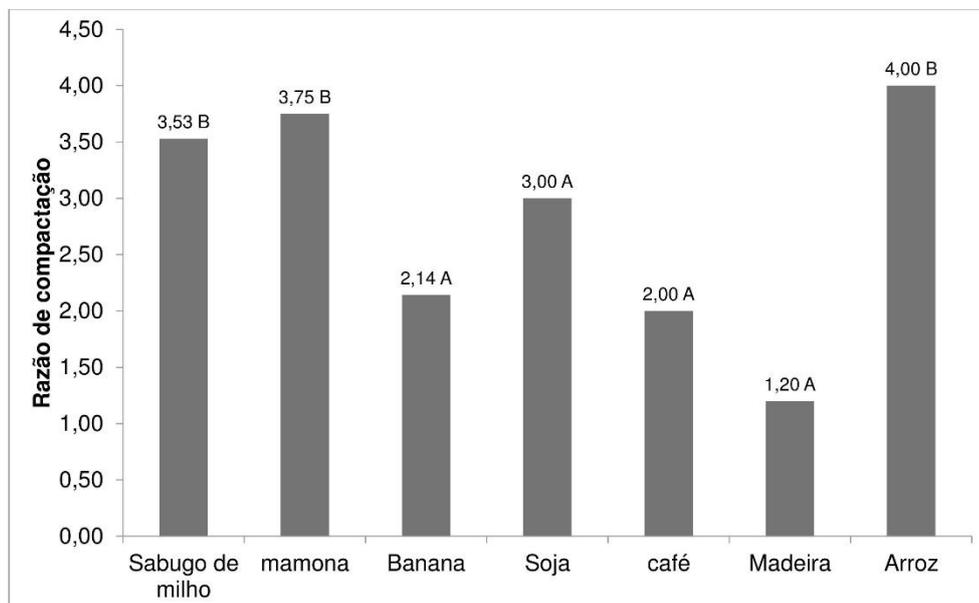
Figura 3 - Resultado da absorção de água



Fonte: Dados do autor (2023).

Na figura 4, apresentam-se os resultados da razão de compactação dos painéis aglomerados utilizando diferentes materiais lignocelulósicos. O sabugo de milho, a mamona e o arroz apresentaram os maiores valores (3,53%, 3,75% e 4,00%, respectivamente), enquanto a madeira, banana e café resultaram nas menores razões (1,20%, 2,14% e 2,00%, respectivamente). A razão de compactação mínima capaz de assegurar uma área de contato satisfatória entre as partículas e densificação suficiente para a formação do painel é de 1,3 (Moslemi, 1974).

Figura 4 - Resultado da Razão de compactação



Fonte: Dados do autor (2023).

A escolha do material para a produção de painéis particulados deve considerar vários fatores, como disponibilidade, custo, impacto ambiental e requisitos específicos do produto. Dentre os materiais lignocelulósicos analisados, o sabugo de milho pode ser considerado como o mais promissor para a substituição da madeira na fabricação de painéis aglomerados.

O sabugo de milho apresentou melhores valores de densidade, extrativos totais, inchamento em espessura, absorção de água e razão de compactação. Apesar do seu teor significativo de holocelulose, performou com um dos melhores teores de absorção de água. Seu inchamento em espessura e razão de compactação também foram satisfatórios. Já para o MOE e MOR, seus valores foram baixos, mas ainda assim dentro dos valores normativos. Aliado a isso, o sabugo do milho é um material com alta disponibilidade. No ano de 1979, a produção mundial de sabugo foi de 71 milhões de toneladas (FOLEY e VANDER HOOVEN, 1981). Encontrar formas de utilização deste resíduo torna-se uma alternativa ambientalmente sustentável.

4 CONCLUSÕES

Com o estudo, foi possível compreender que a seleção de materiais lignocelulósicos tem influência direta nas características químicas, físicas e mecânicas dos painéis aglomerados, enfatizando a importância de conhecer profundamente o comportamento do material, para eleger o que mais se alinha com os critérios específicos do produto pretendido, considerando fatores como resistência, estabilidade dimensional e durabilidade.

Foi observado que os resíduos lignocelulósicos apresentam um bom desempenho na produção de painéis, sendo até mesmo superiores a madeira para algumas propriedades. Os melhores resultados foram:

- Densidade: arroz (0,15 g/cm³), mamona (0,16 g/cm³) e sabugo de milho (0,17 g/cm³);
- Extrativos totais: café (3,66%), sabugo de milho (4,35%) e madeira (6,15%);
- Lignina: café (42,83%), mamona (30,79%) e madeira (28,05%);
- Cinzas: madeira (0,25%) e café (0,61%);
- Holocelulose: banana (41,24%);
- MOE e MOR: madeira (MOR de 15,28 Mpa, MOE de 1954 Mpa) e banana (MOR de 12,18 Mpa e MOE de 1684 Mpa)
- Inchamento em espessura: banana (12,0 % em 2 horas e 21,5% em 24 horas) e milho (6,8% em 2 horas e 23,5% em 24 horas);

- Absorção de água: madeira (77,0% em 2 horas e 87,0% em 24 horas) e arroz (86,0% em 2 horas e 108% em 24 horas);
- Razão de compactação: sabugo de milho (3,53%), mamona (3,75%) e o arroz (4,00%).

Já os piores resultados, foram:

- Densidade: madeira (0,55 g/cm³);
- Extrativos totais: banana (31,01%);
- Lignina: arroz (15,34%) e soja (16,41%);
- Cinzas: arroz (14,58%)
- Holocelulose: sabugo de milho (71,64%);
- MOE e MOR: soja (MOR de 6,23 Mpa e MOE de 1234 Mpa)
- Inchamento em espessura: arroz (22,5% em 2 horas e 42,0% em 24 horas) e soja (25,0% em 2 horas e 32,0% em 24 horas);
- Absorção de água: milho (32,0% em 2 horas e 48,0% em 24 horas) e mamona (36,0% em 2 horas e 42,0% em 24 horas).
- Razão de compactação: madeira (1,20%), banana (2,14%) e café (2,00%).

Em um panorama geral, o sabugo de milho se mostrou o material mais promissor, performando de maneira satisfatória em quase todos os fatores analisados.

Os resultados deste estudo são consistentes com estudos anteriores disponíveis na literatura. Isso evidencia a importância de continuar investigando e explorando os resíduos lignocelulósicos como alternativas na fabricação de painéis aglomerados. O aprimoramento contínuo desse campo é essencial para atender às demandas crescentes da indústria, ao mesmo tempo em que se promove a sustentabilidade ambiental.

Essas informações podem guiar futuras pesquisas e inovações no campo dos painéis aglomerados, buscando avanços e promovendo a conservação dos recursos naturais. Recomenda-se continuar os estudos da qualidade de painéis utilizando materiais lignocelulosicos alternativos à madeira. Pode-se combinar materiais distintos, a fim de encontrar uma proporção ótima que maximize a performance do painel.

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD. (1999). A208.1: Particleboard. Gaithersburg.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **ASTM D 1037**: standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia: 2006.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13999**: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas ABCP**. São Paulo, 1974.

BUFALINO, L. et al. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 70, p. 129-129, 2012.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN. **DIN 52362**: Testing of wood chipboards, bending test, determination of bending strength. Berlin, 1982. 40 p.

FIORELLI, J. et al Multilayer particleboard produced with agroindustrial waste and Amazonia vegetable fibres. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 7, p. 1151-1161, 2018.

FURTINI, Ana Carolina Corrêa et al. Using miriti petiole to produce particleboards. **Ambiente Construído**, v. 23, p. 149-162, 2023.

GUIMARÃES JÚNIOR, J.B., XAVIER, M.M., SANTOS, T.S., et al., “Addition of sorghum culture waste in *Eucalyptus* particleboards,” **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 435, Jan. 2017.

KLIMEK, P.; WIMMER, R.; MEINLSCHMIDT, P.; KUDELA, J. Utilizing Miscanthus stalks as raw material for particleboards, **Ind. Crops Prod.** 111. 2018.

LAHR, Francisco Antonio Rocco et al. **Painéis híbridos e processo de obtenção dos mesmos**. 2018.

MORAIS, Daniel Branco; AQUINO, Andriéli Corrêa; CAVALHEIRO, Alberto Adriano. O uso do bagaço da cana-de-açúcar para fabricação de painéis aglomerados: aspectos químicos do tratamento do material. **ANAIS DO ENIC**, 2021.

MOSLEMI, A.A. 1974. Particleboard vol. 1: Materials. Southern Illinois University Press, London. 244pp

NAKASHIMA, G. T. et al. Materiais lignocelulósicos: caracterização e produção de briquetes. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 150-162, 2017.

SCATOLINO, M. V. et al. Eucalyptus wood and coffee parchment for particleboard production: physical and mechanical properties. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 41, n. 2, p. 139-146, 2017

SILVA, Rafael; HARAGUCHI, Shirani K; MUNIZ, Edvani C.; RUBIRA, Adley F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. *Quím. Nova* vol.32 no.3 São Paulo, 2009.

SOARES, S. S. et al. Valorização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados de baixa densidade. *Revista Ciência da Madeira*, v. 8, n. 2, 2017.

VILA-CHÃ, Nuno Miguel Boaventura. Estudo de um Material Compósito à Base de Gesso e Cortiça. 2012. 73 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2012.