



MARINA RESENDE RIBEIRO DE OLIVEIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Artigo Científico “Painéis aglomerados de sabugo de milho com diferentes teores de adesivo”

**LAVRAS – MG
2020**

MARINA RESENDE RIBEIRO DE OLIVEIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Artigo Científico: “Painéis aglomerados de sabugo de milho com diferentes teores de adesivo”

Trabalho de conclusão de curso, no formato de artigo científico, apresentado 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

Eng. civil Ana Carolina Corrêa Furtini

Coorientadora

**LAVRAS – MG
2020**

MARINA RESENDE RIBEIRO DE OLIVEIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Artigo Científico “Painéis aglomerados de sabugo de milho com diferentes teores de adesivo”

Trabalho de conclusão de curso, no formato de artigo científico, apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia civil, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 19 de agosto de 2020.

Dr. José Benedito Guimarães Júnior UFLA

Ms. Luciana Luciana Silva Villela UFLA

Dra. Flávia Maria Silva Brito USP



Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior

Orientador

**LAVRAS – MG
2020**

Ao meu filho Tomás, que me inspira com seu amor e doçura. Ao meu companheiro de trabalho e de vida, Danillo, pela contribuição nesta pesquisa e pela presença nos momentos alegres e nos desafiadores. Á minha amada mãe, Maria da Conceição, pelo amor, apoio e pelo exemplo de garra e confiança na vida. Ao meu pai amado, Maurício, pelo carinho de sempre e exemplo de trabalho. Aos meus queridos irmãos, Arthur e Renato, pela amizade e carinho. Á minha sogra, Rosemeire, por todo carinho, apoio e colaboração com o Tomás, para que esse trabalho fosse escrito em tempo de pandemia e de trabalho em casa.

Dedico

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes teores de adesivo em painéis aglomerados produzidos com partículas de sabugo de milho verificando assim sua viabilidade técnica. Os sabugos de milho foram obtidos na Universidade Federal de Lavras e posteriormente encaminhados para a moagem em moinho martelo, resultando em partículas do tipo sliver. Posteriormente, as partículas passaram por um conjunto de 2 peneiras: com aberturas de 2,00 mm e 0,595 mm, para a retirada dos finos e das partículas grossas. Foram, então, encaminhadas para estufa a 70°C até que atingissem umidade na base seca de 3%. Foi determinada a densidade básica das partículas de sabugo, os teores de extrativos totais, de lignina insolúvel, teor de cinzas e holocelulose. Após retirar as partículas da estufa, elas foram encaminhadas para uma encoladeira do tipo tambor rotativo, durante 5 minutos. O adesivo utilizado foi a ureia formaldeído (UF), variando-se as porcentagens de adesivo: 6%, 9% e 12%. Para cada teor de adesivo foram confeccionados 3 painéis, totalizando 9 painéis. Após retiradas da encoladeira, as partículas foram levadas para uma caixa de dimensões 48 cm x 48 cm que foi colocada em uma prensa hidráulica, com uma aplicação de força de 0,5 MPa. Após a formação do colchão, foram colocados espaçadores metálicos de 15 mm e então o painel foi levado para a prensagem a quente. Ele permaneceu na prensa por 8 minutos, a 160°C e pressão de 4,0 MPa. Eles foram encaminhados para uma câmara climática, a 20°C e umidade de 65%, até a obtenção da massa constante. Depois, os painéis foram esquadrejados em serra circular, retirando-se assim os corpos de prova para os testes físicos e mecânicos. A densidade média dos painéis foi de 618 kg.m⁻³, sendo classificados pela ANSI 208-1: 1999 como painéis de baixa densidade. Para a propriedade absorção de água após 2 e 24 horas de imersão e inchamento em espessura após 24 horas, não ocorreu diferença estatística. Houve diferença estatística entre os tratamentos para o inchamento em espessura após 2 horas de imersão, sendo os painéis com 6% de adesivo os que obtiveram maior inchamento. Para os valores de ligação interna, os painéis com 6% e 9% de adesivo apresentaram os mesmos valores e o painel com 12% obteve o maior valor. Já o módulo de elasticidade aumentou conforme o aumento no teor de adesivo, sendo que o painel com 12% de adesivo alcançou o maior valor. Para o módulo de ruptura o painel com 12% de adesivo apresentou o maior resultado. No geral, os painéis com 12% de adesivo UF apresentaram os resultados mais promissores para as propriedades físico-mecânicas avaliadas, no entanto, não atenderam todos os requisitos técnicos da norma ANSI A208.1-1999. Novos estudos com mudanças no processo de fabricação dos painéis, como o uso de multicamadas e tratamento térmico para diminuir a afinidade da matéria-prima com a água, podem melhorar as propriedades físico mecânicas dos painéis tornando o seu uso viável.

Palavras-chave: Painéis de baixa densidade. Ureia formaldeído. Propriedades físico-mecânicas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAIS E MÉTODOS	2
2.1 Obtenção dos materiais	2
2.2 Determinação dos componentes químicos e densidade do sabugo de milho	2
2.3 Confeção dos painéis aglomerados	3
2.4 Análise dos dados	3
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	4
3.1 Análises químicas	4
3.2 Propriedades físicas	5
3.3 Propriedades mecânicas	7
4 CONCLUSÕES	10
REFERÊNCIAS	11

1 INTRODUÇÃO

Os painéis aglomerados surgiram em 1941 na Alemanha quando, após a Segunda guerra mundial, ocorreu escassez de madeira para produção de laminados e passou-se a produzir painéis com resíduos e aparas de madeira. No entanto, devido aos processos produtivos da época, os painéis apresentavam qualidade muito inferior à qualidade almejada. Em 1946, com o aperfeiçoamento dos equipamentos e do processo, foi possível uma maior qualidade e padronização dos painéis. Em 1960, ocorreu uma expansão no setor e em 1966 foi instalada a primeira planta no Brasil (IWAKIRI, 2005).

Segundo Rowell et al. (2000), a utilização de resíduos lignocelulósicos para a produção de painéis aglomerados é possível devido à similaridade de composição química com a das madeiras. Ao longo dos anos, diversos estudos foram desenvolvidos com painéis aglomerados utilizando resíduos lignocelulósicos, Guimarães et al. (2019) estudaram os efeitos da adição do casquilho de soja em painéis aglomerados de eucalipto. Observou-se que com o aumento das porcentagens de casquilho (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) ocorreu aumento das propriedades físicas e diminuição das propriedades mecânicas. Sendo assim, uma proporção de 28,9% de substituição da madeira por casquilho de soja consegue atender aos requisitos técnicos mínimos.

Soares et al. (2017) verificaram o desempenho físico e mecânico de painéis produzidos com bagaço de cana de açúcar e eucalipto e concluíram que até 26% de bagaço de cana-de-açúcar poderia ser utilizado em associação com a madeira de eucalipto na produção de painéis aglomerados de baixa densidade. Silva et al. (2015) avaliaram o efeito de diferentes teores de partículas de palha de milho sobre as propriedades de painéis MDP. Perceberam que a medida que a porcentagem de palha de milho foi adicionada aos painéis, ocorreu um aumento da absorção de água e do inchamento em espessura, enquanto que as propriedades mecânicas diminuíram.

A economia brasileira em grande parte é sustentada pelo agronegócio. Em 2019, o agronegócio teve participação de 21,4% no PIB brasileiro, sendo 14,6% de contribuição do ramo agrícola e 6,8% do ramo pecuário (CEPEA e CNA, 2020). Com a elevada produção agrícola, são gerados grandes volumes de resíduos lignocelulósicos, advindos principalmente da cultura da soja, café, cana de açúcar e milho. Dentre elas, destaca-se o milho, cultivado em todas as regiões do País. De acordo com Cortini et al (2019), todas as regiões agrícolas e pecuárias brasileiras dependem do milho para novas oportunidades de receita, redução nos custos de produção e, principalmente, oportunidades de novos negócios.

Segundo a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), no informativo de fevereiro de 2020, o Brasil constou como o terceiro maior produtor de milho no mundo, com uma produção em 2019/2020 de 245,8 milhões de toneladas. Sabe-se que, para cada 100 kg de espigas de milho, 18 kg são formados pelo sabugo (BASTOS, R et al., 2007). Sendo assim, trata-se de um valor estimado de 53,95 milhões de toneladas de sabugo.

De acordo com Scatolino et al. (2013), o aumento da substituição de madeira de pinus por sabugo de milho promoveu melhorias significativas nas propriedades WA2h, TS2h e TS24h, no entanto as propriedades mecânicas tiveram uma correlação decrescente com a porcentagem de sabugo de milho sendo incorporada.

Uma vez que diversos fatores contribuem para as características físico-mecânicas dos painéis, como densidade do material lignocelulósico, quantidade e tipo de adesivo (KELLY, 1977 e MALONEY, 1993) e frente a necessidade de matéria prima alternativa para a produção de painéis e valorização dos resíduos agroindustriais, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes teores de adesivo em painéis aglomerados produzidos com partículas de sabugo de milho verificando assim sua viabilidade técnica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos materiais

Os sabugos de milho utilizados neste trabalho foram obtidos em plantios experimentais realizados na região de Lavras-MG, Brasil. Após a coleta, os sabugos passaram pelo processo de moagem em moinho martelo para obtenção das partículas do tipo “Sliver”. Após a moagem, foram retiradas as partículas grosseiras e os finos com auxílio de um conjunto de peneiras. Para a produção dos painéis foram utilizadas as partículas retidas entre as peneiras de 2,00 e 0,595 mm. Depois, as partículas foram mantidas a 70° C em estufa com circulação forçada de ar até que atingissem umidade na base seca de 3%.

2.2 Determinação dos componentes químicos e densidade do sabugo de milho

Na determinação da densidade básica das partículas do sabugo de milho, utilizou-se a norma NBR 11941 (ABNT, 2003) com algumas adaptações na mensuração do volume, conforme descrito por Silva et al. (2015).

Na análise dos constituintes químicos foi utilizada a fração obtida pelo processamento das partículas de sabugo de milho em um moinho *Willy*. O material utilizado foi aquele que

passou pela peneira de 40 mesh e ficou retido na de 60 mesh. Foram determinados os seus teores de extrativos totais (Norma ABTCP (1974) M 3/69), teor de lignina insolúvel (Norma ABTCP (1974) M 10/71), teor de cinzas (NBR 13999/ABNT, 2003) e holocelulose (obtida pela diferença de extrativos totais, lignina e cinzas).

2.3 Confeção dos painéis aglomerados

O adesivo utilizado foi a UF (ureia-formaldeído), com teor de sólidos de 57,06%, pH de 8,02, viscosidade de 485 cP e tempo de gelatinização de 47 segundos. Os painéis foram produzidos com três proporções de adesivo: 6, 9 e 12%, com base no seu teor de sólidos resinosos. Foram produzidos três painéis para cada tratamento, totalizando nove painéis, onde foram calculados com densidade nominal de 600 kg.m⁻³.

O adesivo foi aplicado por aspersão em uma encoladeira do tipo tambor rotativo. Em seguida, as partículas encoladas foram depositadas em uma caixa com dimensões de 48 cm de comprimento x 48 cm de largura, a qual foi levada para uma pré-prensagem com o auxílio de uma chapa de madeira com as dimensões do vão da forma, com aplicação de uma força de 0,5 MPa.

Após a formação do colchão, foram colocados espaçadores metálicos para que os painéis atingissem uma espessura de 15 mm durante a prensagem a quente. O ciclo de prensagem utilizado foi de oito minutos com temperatura de 160° C e pressão específica de 4,0 MPa. Em seguida, os painéis foram acondicionados em câmara climática na temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 5%, até obtenção de massa constante.

Em seguida os painéis foram esquadrejados em serra circular, sendo retirados os corpos de prova para realização dos testes físicos e mecânicos. Foi retirado quatro corpos de prova por painel, para avaliação do teste de flexão estática - DIN 52362 (*Deutsches Institut Fur Normung*, 1982); 6 corpos de prova por painel, para tração perpendicular – ASTM D1037 (*American Society for Testing and Materials*, 2006) e 2 corpos de prova por painel, para absorção de água e inchamento em espessura após 2 h e 24 h de imersão - ASTM D1037 (*American Society for Testing and Materials*, 2006).

2.4 Análise dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo aplicada análise de variância e análise de regressão, ambas a 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises químicas

Os resultados da análise química do sabugo de milho, com as porcentagens de extrativos totais, lignina, cinzas e holocelulose se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do sabugo de milho.

Componente	Quantidade (%)
Extrativos totais	4.84
Lignina	21.87
Cinzas	1.00
Holocelulose	69.49

Fonte: Do autor (2020).

O valor de extrativos totais encontrado foi de 4,84%, valor próximo ao encontrado na literatura. Scatolino et al. (2013) encontraram um valor de 7% de extrativos no sabugo de milho e Faria et. al. (2018) encontraram um valor de 3,37% de extrativos totais no sabugo de milho. Os extrativos são compostos hidrofóbicos e de baixo peso molecular, que podem estar em maior ou em menor quantidade dependendo da espécie da planta e de sua localização geográfica (HARDELL et al., 1999). De acordo com Bufalino et al. 2012, um baixo teor de extrativos pode ser decisivo na produção de painéis de madeira reconstituída, pois através de um experimento, realizado na Unidade Experimental de Produção de Painéis (UFLA), percebeu-se que ocorria um “estouro” nos painéis OSB (Oriented Strand Board) com partículas de madeira de cedro australiano sem tratamento em água para a diminuição nos teores de extrativos do material.

O teor de lignina encontrado nesta pesquisa de 21,87 % está coerente com os valores de Faria et al. (2018), que encontraram um valor de 19,91 % de lignina no sabugo de milho e com Scatolino et al. (2013), que encontraram um valor de 14,70 %. Altos valores de lignina são interessantes para a produção de painéis aglomerados, pois a estrutura condensada desse componente, que confere ao material alta rigidez limita o movimento paralelo à grã e aumenta

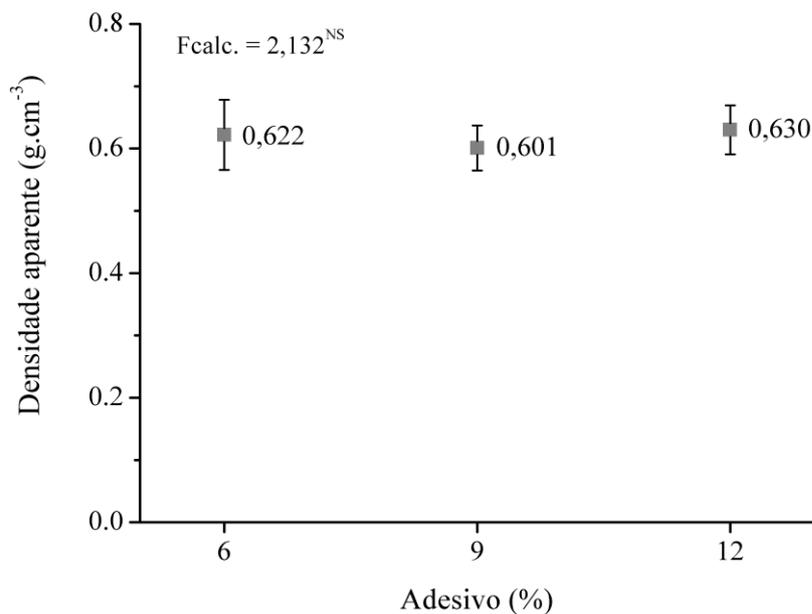
a resistência mecânica a forças externas (SWEET et al., 1999). Além disso, por se tratar de um adesivo natural, a lignina pode melhorar a adesão entre partículas dos painéis, com melhor colagem e estabilidade dimensional (JOSELAU et al., 2004; KHEDARI et al., 2004).

Os teores de cinzas e holocelulose também ficaram próximos dos valores encontrados por Faria et al. (2018) e Scatolino et al. (2013), que encontraram 75,52% de holocelulose e 1,2% de cinzas; e 76,70% holocelulose e 1,6% de cinzas, respectivamente.

3.2 Propriedades físicas

Para a densidade aparente, não ocorreu diferença estatística entre os painéis. Os valores variaram de $601 \pm 36 \text{ kg.m}^{-3}$ a $630 \pm 39 \text{ kg.m}^{-3}$, conforme a Figura 1. De acordo com as normas ANSI 208-1: 1999 (1999), os painéis de sabugo de milho são classificados como painéis de partículas de baixa densidade (densidade menor que 640 kg.m^{-3}).

Figura 1 – Valores de densidade aparente para cada tratamento.

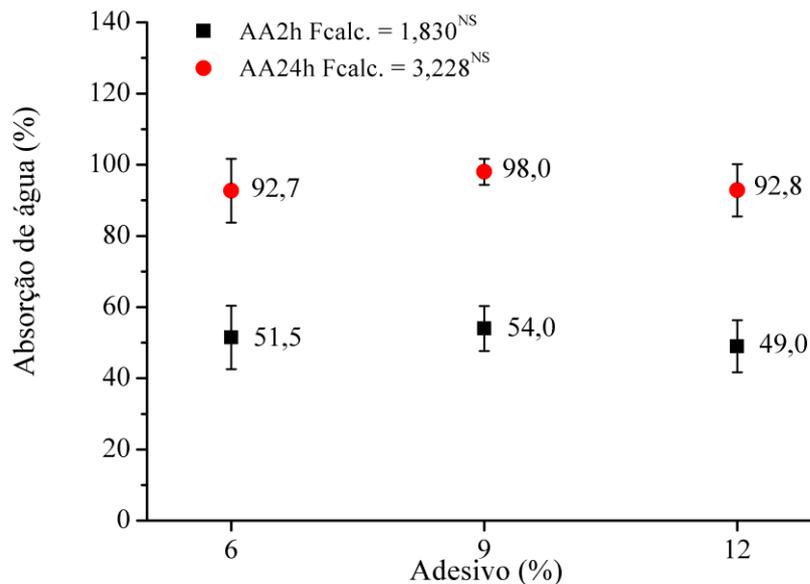


Fonte: Do autor (2020).

A absorção de água após duas e vinte e quatro horas de imersão não apresentou diferença estatística entre os painéis com diferentes porcentagens de adesivo (Figura 2). Os valores encontrados ficaram próximos ao encontrado na literatura, Scatolino et al. 2013 encontraram um valor de AA2h, para painel 100% de sabugo, com 8% de UF, de aproximadamente 47%.

De acordo com Silva et al. (2016), painéis de *Pinus oocarpa* de baixa densidade (611 kg/m^3) tiveram um valor de AA2h de 77,6 %. Os valores de absorção de água após 24 horas também foram próximos aos encontrados por outros autores, Scatolino et al. 2013 encontraram um valor por volta de 98%, para painéis com 8% de UF. Já Silva et al. 2018 encontraram um valor de 117,4% de AA24h para painéis aglomerados de pinus de baixa densidade. Esse alto valor de absorção de água ocorre devido ao caráter hidrofílico das partículas vegetais, pois possuem grupos polares que atraem as moléculas de água, isso causa o acúmulo de moléculas de água nas paredes das partículas vegetais, promovendo o inchamento das partículas e danificando a interface vegetal-adesivo, causando alterações dimensionais dos painéis de partículas (KHAZAEIAN et al., 2015; TABARSA et al., 2011 e FIORELLI et al., 2013).

Figura 2 – Valores de absorção de água após 2 e 24 horas para os diferentes tratamentos.



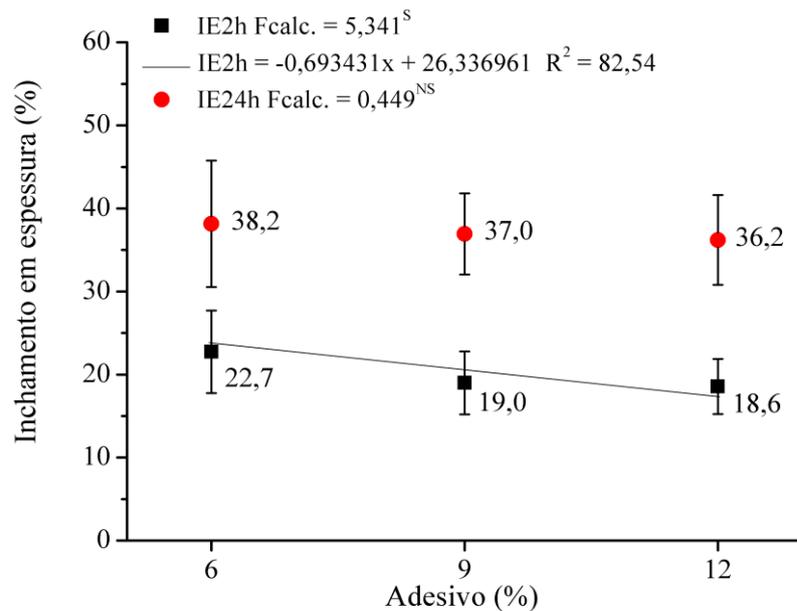
Fonte: Do autor (2020).

Para o inchamento em espessura após duas horas de imersão ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, sendo que os painéis com 6% de adesivo obtiveram um maior inchamento que os painéis com 9% e 12% de adesivo (Figura 3). Sekaluvu et al. (2013) produziram painéis de partículas de sabugo de milho, com diferentes teores de adesivo e granulometrias de partícula. Observaram que com o aumento no teor de adesivo ocorreu uma diminuição do inchamento em espessura e da absorção de água, pois o alto teor de adesivo pode

resultar em uma melhor qualidade de ligação entre as partículas de sabugo de milho e, portanto, aumentar a resistência à penetração de água nos painéis (SEKALUVU et al., 2013).

Já para o inchamento em espessura após 24 horas não houve diferença estatística entre os tratamentos (Figura 3). Os valores encontrados nesta pesquisa (aprox. 37 % de IE24h) foram próximos aos valores encontrados por Scatolino et al. (2013), que foi de 33% de inchamento em espessura após vinte e quatro horas de imersão para os painéis com 100% de sabugo de milho e 8% de UF. Silva et al. 2018 encontraram um valor de IE2h de 20% e de 33,4 % para IE24h, para painéis aglomerados de pinus de baixa densidade. O padrão CS 236-66 estipula valores para inchamento em espessura após 24 horas, de 30% para painéis de baixa densidade produzidos com UF.

Figura 3 – Valores de inchamento em espessura após 2 e 24 horas para os diferentes tratamentos.



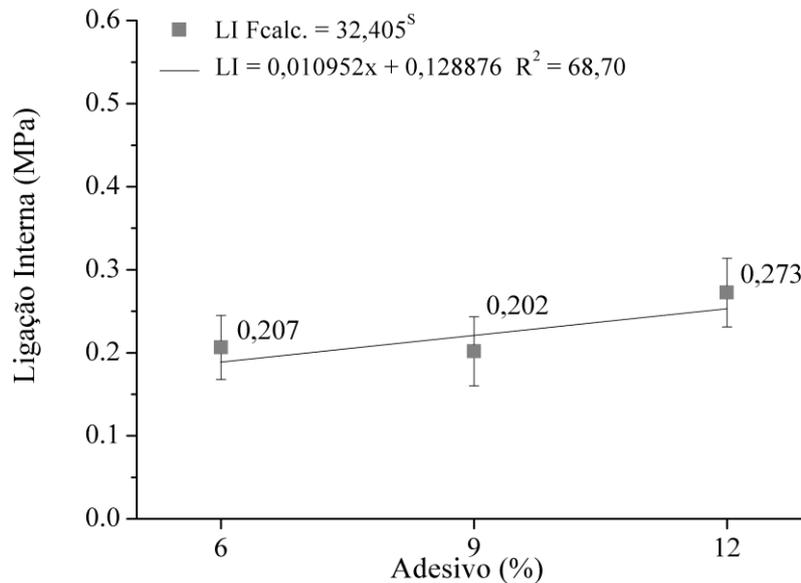
Fonte: Do autor (2020).

3.3 Propriedades mecânicas

As figuras 4, 5 e 6 mostram os resultados calculados para as propriedades mecânicas ligação interna, módulo de elasticidade e módulo de ruptura, respectivamente, para os painéis aglomerados produzidos. O painel com 12% de UF apresentou o melhor comportamento mecânico entre os três tratamentos.

Para os valores de ligação interna, os painéis com 6% e 9% de adesivo apresentaram os mesmos valores e o painel com 12% obteve o maior valor, de 0,27 MPa. Scatolino et al. (2013) encontraram um valor por volta de 0,25 MPa para ligação interna, para painéis confeccionados com 100% de sabugo de milho e 8% de adesivo UF. Já Faria et al. 2018, encontraram valores no entorno de 0,21 MPa, sem diferença estatística entre os painéis com 12%, 15% e 20% de adesivo UF. Silva et al. 2018 encontraram um valor de 1,08 MPa para ligação interna, para painéis aglomerados de pinus de baixa densidade. Os três tratamentos estudados nesta pesquisa atenderam ao valor mínimo de ligação interna da ANSI A208.1 – 1999, que é de 0,10 MPa, para painéis particulados de baixa densidade.

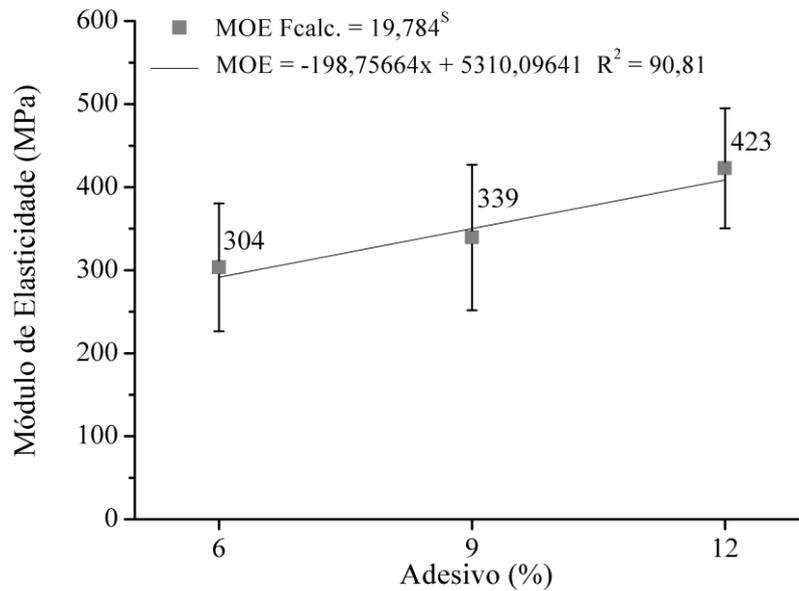
Figura 4 – Valores de ligação interna.



Fonte: Do autor (2020).

O módulo de elasticidade também aumentou conforme o aumento no teor de adesivo, sendo que o painel com 12% de adesivo alcançou o maior valor, de 423 MPa. Scatolino et al. (2013) encontraram valores médios de MOE de 220 MPa para painéis confeccionados com 100% de sabugo de milho e 8% de adesivo UF. Silva et al. 2018 encontraram um valor MOE de 2783,1 MPa, para painéis aglomerados de pinus de baixa densidade. O maior valor de MOE encontrado na presente pesquisa ficou um pouco abaixo do valor mínimo estipulado pela norma ANSI A208.1 – 1999, que é de 550 MPa, para painéis particulados de baixa densidade.

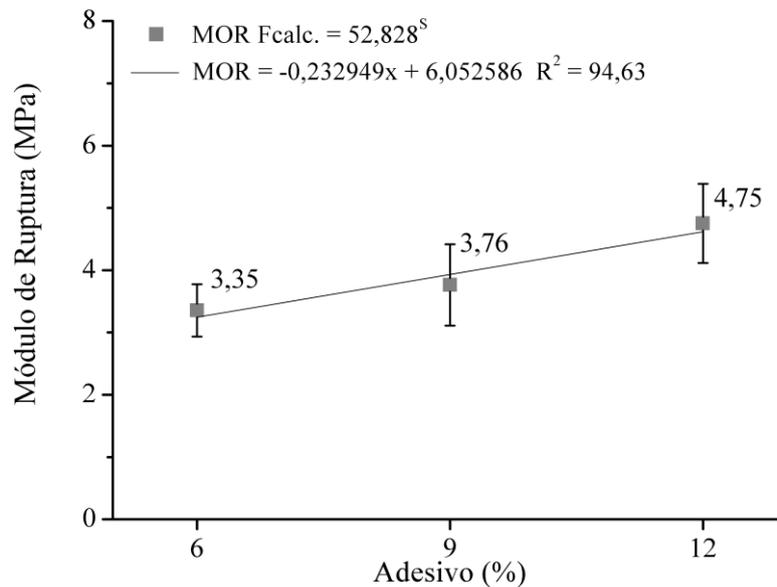
Figura 5 – Valores de módulo de elasticidade (MOE).



Fonte: Do autor (2020).

Para o módulo de ruptura, ocorreu a mesma tendência de aumento nos valores conforme o aumento nos teores de adesivo. O painel com 12% de adesivo apresentou o melhor resultado, 4,75 MPa de MOR. Silva et al. 2018 encontraram um valor MOR de 17,8 MPa, para painéis aglomerados de pinus de baixa densidade. Segundo a norma ANSI A208.1 – 1999, o valor mínimo requerido para MOR é 3 MPa, para painéis particulados de baixa densidade. Sendo assim, todos os painéis produzidos neste estudo apresentaram valores de MOR maiores que o valor mínimo estipulado pela norma supracitada.

Figura 5 – Valores de módulo de ruptura (MOR).



Fonte: Do autor (2020).

O aumento nas propriedades mecânicas dos painéis conforme o aumento no teor de adesivo pode ser explicado devido à maior quantidade de UF por unidade de área, uma vez que o volume de partículas é o mesmo para ambos os painéis produzidos. Assim, o aumento no teor de adesivo promoveu uma melhor interface entre as partículas de sabugo de milho e o adesivo ureia formaldeído.

4 CONCLUSÕES

Este estudo propôs avaliar o efeito de diferentes teores de adesivo nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de sabugo de milho e chegou as seguintes conclusões:

- O aumento no teor de adesivo não afetou as propriedades físicas absorção de água após duas e 24 horas de imersão e inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água;
- O teor de adesivo influenciou nas propriedades mecânicas avaliadas, apresentando uma correlação positiva entre teor de adesivo e resistência mecânica;
- Nenhum dos painéis produzidos atingiram todos os requisitos da norma ANSI A208.1 para painéis de baixa densidade;

Apesar dos painéis terem atendido apenas parcialmente os requisitos normativos, o uso de 12% de adesivo em painéis aglomerados de sabugo de milho apresentaram um

comportamento físico-mecânico interessante e parcialmente satisfatório, com exceção do IE24h e do MOE. Novos estudos com uso de até 15% de adesivo e mudanças no processo de fabricação dos painéis, como por exemplo, o uso de multicamadas e tratamento térmico para diminuir a afinidade da matéria-prima com a água pode ser decisivo para a melhora das propriedades físico-mecânicas e consequente aprovação do sabugo de milho na produção de painéis particulados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT- NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT- NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM- ASTM D-1037: standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia, 2002.

ANSI A208.1. Particleboards, Gaithersburg, 1999.

Safra Mundial de Milho 2019/20 - 10º Levantamento do USDA, informativo fevereiro de 2020.

BASTOS, R. et al. Elaboração de pães com adição de farinha de sabugo de milho. Revista Ciências Exatas e Naturais, Guarapuava, v.9, n.1, p.116-128, jan./jun, 2007.

BS EN 312:2010 Particleboards – Specifications. Brussels, Belgium, 2010.

BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. P. P.; COUTO, A. M.; NASSUR, O. A. C.; SÁ, V. A.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 32, n. 70, p. 129-137, 2012. doi: 10.4336/2012.pfb.32.70.13

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA) E CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (CNA). **PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2019**. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> >. Março de 2020.

CORTINI, E. et al. SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT2) Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos, EMBRAPA, 2019.

FIORELLI J.; SARTORI D.L.; CRAVO J.C.M.; SAVASTANO H. JR.; Sugarcane bagasse and castor oil polyurethane adhesive-based particulate composite, sugarcane bagasse and castor oil polyurethane adhesive-based particulate composite, Mater Res. 16, 2013.

GUIMARÃES, I. L.; Veloso, M. C. R. A.; Lisboa, F. J. N.; Mendes R. F.; Mendes, L. M.; Farrapo, C. L.; Júnior, J. B. G. Aproveitamento do casquilho de soja para a produção de painéis aglomerados convencionais de baixa densidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.14, n.2, e5643, 2019.

HARDELL, H. L.; NILVEBRANT, N. O. A rapid method to discrimination between free and esterified fatty acids by pyrolytic methylati on using tetramethyl ammonium acetate or hydroxide. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 52(1):1-14, 1999.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. 1. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2005.

JOSELEAU, J. P.; IMAI, T.; KURODA, K.; RUEL, K. Detection in situ and characterization of lignin in the G-layer of tension wood fibres of *Populus deltoids*. *Planta*, Berlin, v. 219, n.2, p. 338-345, 2004. DOI 10.1007/s00425-004-1226-5

KELLY, M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. USDA. Forest Service. FPL General Technical Report, Madison, n.10, p.166, 1977.

KHEDARI, J.; NANKONGNAB, N.; HIRUNLABH, J.; TEEKASAP, S. New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. *Building and Environment*, Oxford, v. 39, n. 1, p. 59-65, 2004.

KHAZAEIAN A.; ASHORI A.; DIZAJ M.Y.; Suitability of sorghum stalk fibers for production of particleboard, *Carbohydr. Polym.* 120, 2015.

MALONEY, T.M. Modern particleboard and dryprocess fiberboard manufacturing. 2.ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689p.

ROWELL R. M.; HAN J. S.; ROWELL J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: Frollini, E.; Leão, A. L.; Mattoso, L. H. C. (Eds.). *Natural polymers and agrofibers based composites: preparation, properties and applications*. São Carlos: USP; IQSC, 2000.

SILVA, D. W.; FARRAPO, C. L.; PEREIRA, D.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. MDP com partículas de eucalipto e palha de milho. *Scientia Forestalis*, v. 43, n. 108, p. 853-862, 2015.

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

SCATOLINO, M. V.; Silva, D. W.; Mendes, R. F.; Mendes, L. M. Use of maize cob for production of particleboard. *Ciência e Agrotecnologia*, v.37, n.4, p.330 - 337, 2013.

SEKALUVU, L.; TUMUTEGYEREIZE, P.; KIGGUNDU, N. Investigation of factors affecting the production and properties of maize cob-particleboards. *Waste Biomass Valor*, Kampala, 6p. mar. 2013.

SWEET, M. S.; WINANDY, J. E. The influence of degree of polymerization (DP) of cellulose and hemicellulose on the strength loss of fire-retardant-treated wood. *Holzforschung*, Berlin, v. 53, n. 3, p. 311-317, 1999.

TABARSA T.; ASHORI A.; GHOLAMZADEH M.; Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse, *Compos. Part B Eng.* 42, 2011.