

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA



Trabalho de Conclusão de Curso

**PAINÉIS AGLOMERADOS CONSTITUÍDOS POR PARTÍCULAS DE *Pinus elliottii*
TRATADAS COM CCA E DIFERENTES PROPORÇÕES DE CASCA DE ARROZ**

Thaís Vieira Holz

Pelotas, 2019

Thaís Vieira Holz

**PAINÉIS AGLOMERADOS CONSTITUÍDOS POR PARTÍCULAS DE *Pinus elliottii*
TRATADAS COM CCA E DIFERENTES PROPORÇÕES DE CASCA DE ARROZ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Engenharia Industrial Madeireira, do
Centro de Engenharias da
Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Industrial Madeireira.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Érika da Silva Ferreira

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

H762p Holz, Thaís Vieira

Painéis aglomerados constituídos por partículas de *pinus elliottii* tratadas com CCA e diferentes proporções de casca de arroz / Thaís Vieira Holz ; Érika da Silva Ferreira, orientadora. — Pelotas, 2019.

41 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) — Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Resíduos. 2. Casca de arroz. 3. Painéis de partículas.
I. Ferreira, Érika da Silva, orient. II. Título.

CDD : 674

Thaís Vieira Holz

**PAINÉIS AGLOMERADOS CONSTITUÍDOS POR MADEIRA DE *Pinus
elliottii* TRATADA COM CCA E DIFERENTES PROPORÇÕES DE CASCA
DE ARROZ**

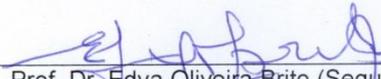
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 03 de dezembro de 2019.

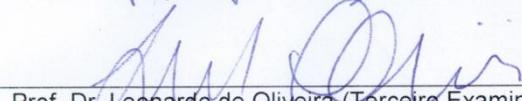
Banca Examinadora:



Prof. Dra. Érika da Silva Ferreira (Orientadora)
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná



Prof. Dr. Edva Oliveira Brito (Segundo Examinador)
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná



Prof. Dr. Leonardo de Oliveira (Terceiro Examinador)
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

Nota do Autor

A reprodução e divulgação, parcial ou total, por meio digital ou impressa é permitida, desde que a fonte seja citada.

Dedico aos meus pais Werno e Tatiane e aos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo incentivo, motivação e ajuda necessária para a realização de mais uma etapa da minha graduação.

Agradeço a minha irmã e aos meus irmãos pelo apoio que me foi fornecido.

Agradeço a Deus por ter me abençoado durante toda a vida e durante o decorrer de todos os dias da minha graduação.

Agradeço a professora Érika da Silva Ferreira por ter sido minha orientadora durante este período, me ajudando em todos os quesitos que foram necessários, agradeço a paciência, ajuda e colaboração, quais foram essenciais para a conclusão deste projeto.

Agradeço as empresas Impregna, Extremo Sul e Momentive, que forneceram os materiais necessários para produção dos painéis.

Agradeço aos professores e ao curso de Engenharia Industrial Madeireira por nos mostrarem diariamente a importância da nossa área na vida de todas as pessoas e ao meio ambiente.

Agradeço em especial a técnica Cíntia Boldt Souza por todo o suporte e ensinamentos para a execução do projeto.

Agradeço aos meus amigos/as que se fizeram presentes, mesmo que distantes fisicamente, não só durante este período, mas durante toda a minha graduação e vida.

Agradeço em especial os meus colegas e amigos Mateus Timm, Vinícius Nagatomo Macedo, Laíse Vergara Nörnberg e Marco Antonio Muniz Fernandes pela ajuda em algumas das etapas de execução do projeto, bem como pela amizade e suporte fornecidos.

Enfim, agradeço a todos que de uma certa forma participaram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Muito obrigada.

*Os ideais que iluminaram o meu caminho são a bondade, a
beleza e a verdade.
(Albert Einstein)*

Resumo

HOLZ, Thaís Vieira. **Painéis aglomerados constituídos por partículas de *Pinus elliottii* tratadas com CCA e diferentes proporções de casca de arroz.** 2019. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira) – Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

O objetivo do estudo foi produzir painéis de partículas a partir da madeira de *Pinus elliottii* tratada com CCA e casca de arroz, com finalidade para o uso em ambientes internos. Os painéis de partículas foram produzidos por meio de quatro composições diferentes, respectivamente: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, proporções de mistura madeira:casca, utilizando as partículas de pinus tratada com CCA, casca de arroz e a resina fenol-formaldeído. As chapas foram produzidas com densidade nominal de 0,40g/cm³, 8% de resina fenol-formaldeído, prensados a uma temperatura de 180°C, pressão específica de 40 kgf/cm², por um período de 9 minutos. Para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram realizados os ensaios de densidade aparente, teor de umidade, inchamento em espessura, absorção de água, flexão estática e resistência à tração perpendicular, todos de acordo com as especificações da norma europeia. O teor de umidade dos painéis confeccionados permaneceram homogêneos perante todos os tratamentos, a propriedade de densidade aparente manteve-se dentro dos padrões estipulados. Para absorção de água e inchamento em espessura em duas e vinte quatro horas os painéis permaneçam homogêneos durante todos os tratamento e não se diferenciaram estatisticamente. Com relação as propriedades mecânicas, a rigidez (MOE) dos painéis aumentou conforme ocorreu a incorporação da casca de arroz na produção, entretanto, a resistência (MOR) das chapas não sofreu influencia dessa variável. A resistência a tração perpendicular foi influenciada pelo efeito das diferentes proporções de casca de arroz acarretando na redução da resistência dos painéis. De modo geral, os painéis aglomerados produzidos apresentaram resultados satisfatórios perante a finalidade do estudo.

Palavras – chave: Resíduos. Casca de arroz. Preservação. Painéis de partículas.

Abstract

HOLZ, Thaís Vieira. **Particleboard produced of CCA treated *Pinus elliottii* particles and different proportions of rice husk.** 2019. 41f. Course Conclusion Paper (Bachelor in Industrial Wood Engineering) - Industrial Wood Engineering Course, Engineering Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2019.

The aim of the study was to produce particleboard from CCA-treated *Pinus elliottii* wood and rice husk for indoor use. Particleboard was produced by four different compositions, respectively: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, wood:husk mixing ratios using CCA-treated pine particles, rice husk and the phenol formaldehyde resin. The panels were produced with nominal density of 0.40g/cm³, 8% phenol-formaldehyde resin, pressed at a temperature of 180°C, specific pressure of 40 kgf/ m², for a period of 9 minutes. In order to determine the physical and mechanical properties of the panels, apparent density, moisture content, thickness swelling, water absorption, static bending and perpendicular tensile strength tests were performed, all in accordance with the specifications of the European standard. The moisture content of the manufactured panels remained homogeneous before all treatments, the apparent density property remained within the stipulated standards. For water absorption and thickness swelling at two and twenty four hours the panels remained homogeneous during all treatments and did not differ statistically. Regarding mechanical properties, the stiffness (MOE) of the panels increased as the rice husk was incorporated in the production, however, the strength (MOR) of the panels were not influenced by this variable. The perpendicular tensile strength was influenced by the effect of the different rice husk proportions, reducing the resistance of the panels. In general, the particleboard produced satisfactory results in view of the purpose of the study.

Key words: Waste. Rice husk. Preservation. Particleboard.

Lista de Figuras

Figura 1 – Distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída.....	20
Figura 2 – Partículas de madeira tratada e casca de arroz.....	23
Figura 3 – Estufa com circulação forçada de ar utilizada para secagem dos materiais.....	24
Figura 4 – Dimensões das chapas e <i>layout</i> para corte dos corpos de prova.....	25
Figura 5 – Encoladeira de partículas, equipamento utilizado para aplicação da resina.....	25
Figura 6 – Processo de formação do colchão de partículas e chapa pronta para a prensagem.....	26
Figura 7 – Valores médios de teor de umidade (TU).....	28
Figura 8 – Valores médios de densidade aparente (DA).....	29
Figura 9 – Valores médios de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE)	29
Figura 10 – Valores médios de módulo de elasticidade (MOE).....	31
Figura 11 – Valores médios de módulo de ruptura (MOR).....	31
Figura 12 – Valores médios de resistência à tração perpendicular (RTP).....	32

Lista de tabelas

Tabela 1 – Parâmetros da resina Fenol-formaldeído.....	23
Tabela 2 – Plano experimental utilizado.....	24
Tabela 3 – Normas utilizadas para avaliação das propriedades dos painéis.....	26

Sumário

1. Introdução	14
2. Objetivo	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. Revisão de literatura	17
3.1. <i>Pinus</i> spp.....	17
3.2. Produtos Preservantes e tratamento preservativo.....	17
3.3. Casca de Arroz.....	18
3.4. Painéis de Madeira Reconstituída.....	19
3.4.1. Aglomerados.....	19
3.5. Adesivos.....	21
3.5.1. Fenol – Formaldeído.....	21
4. Material e métodos	22
4.1. Matéria - Prima.....	22
4.2. Produção dos painéis.....	23
4.3. Análise Estatística.....	27
5. Resultados e discussão	28
5.1. Propriedades físicas dos painéis.....	28
5.2. Propriedades mecânicas dos painéis.....	31
6. Conclusão	34
Referências	35
Apêndices	39

1. Introdução

A indústria de base florestal vem passando por grandes mudanças e transformações em seus mais variados ramos, tanto de processamento como de produto final acabado. Dentro deste cenário destacam-se as indústrias de painéis de madeira reconstituída, área no qual possui uma ênfase elevada, pois acaba competindo com os demais setores madeireiros, sem perder qualidade, mercado e demandas. Os painéis derivados de madeira foram desenvolvidos como proposta de reaproveitamento dos resíduos gerados no processamento primário da madeira (TRIANOSKI, 2010).

Os painéis aglomerados são chapas de madeira aglomerada ou chapas de partículas no qual são produzidos a partir de fragmentos de madeira, com uma junção de adesivos, podendo ser sintéticos, naturais ou mistos, e submetidos a prensagem a quente para realização completa da cura do adesivo, recebem destaque no ramo de painéis de madeira reconstituída. Esse tipo de painel possui uma característica básica que é a geometria da sua matéria-prima (ALVES, 2017).

Um dos ramos de utilização deste tipo de painéis é o setor de construção civil, que vem apresentando crescente interesse por produtos obtidos a partir da madeira tratada, devido à sua maior resistência em serviço, embora as técnicas de aplicação careçam de normatização.

Além da madeira, as chapas aglomeradas podem conter outros tipos de resíduos, como a casca de arroz. A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) possui uma grande importância no estado do Rio Grande do Sul, na economia do Brasil e atua como uma das principais fontes de renda em alguns municípios do estado.

No Brasil, devido ao crescimento da geração de resíduos, evidencia-se o desenvolvimento de propostas que objetivam minimizar a poluição no meio ambiente. De modo geral, os resíduos são utilizados para produção de energia e as indústrias então encontram-se limitadas à utilização de tecnologia para processamento de madeira na produção de painéis aglomerados (SOUZA, 2016).

Por ser um setor em decorrente crescimento é necessário sempre a busca de novas tecnologias, melhorias e cada vez mais o uso de matérias-primas que possam fornecer os mesmos níveis de qualidade e satisfação dos painéis de madeira reconstituídos. A utilização dos resíduos de diversos aspectos para a produção

deste tipo de painel visa principalmente a eliminação destes resíduos resultando em uma geração de lucros e produtos de qualidade.

2. Objetivo

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o potencial tecnológico de uso dos painéis aglomerados homogêneos manufaturados a partir de diferentes proporções de mistura de partículas de pinus (*Pinus elliottii*) tratada com CCA e casca de arroz, para uso em ambiente interno.

2.2. Objetivos Específicos

- Produzir em escala piloto painéis aglomerados homogêneos nas seguintes proporções de mistura (partículas de pinus tratada com CCA:casca de arroz): 100% madeira de pinus, 75:75, 50:50, 25:75, bem como 8% de resina fenol-formaldeído, base peso seco de partículas;
- Determinar e avaliar as seguintes propriedades físicas e mecânicas das chapas de acordo com especificações da norma europeia: teor de umidade, densidade aparente, absorção de água, inchamento em espessura, flexão estática (MOE e MOR) e resistência à tração perpendicular.

3. Revisão de Literatura

3.1. *Pinus* spp.

O gênero pinus é o mais antigo da família Pinaceae, tendo surgido há aproximadamente 180 milhões de anos, as espécies deste gênero são amplamente utilizadas em reflorestamentos no Brasil, devido principalmente ao seu rápido crescimento. A madeira desta espécie é usada em construções leves ou pesadas, na produção de laminados, compensados, chapas de fibras e de partículas, na produção de celulose e papel, entre outros (FACCIO, 2010).

Segundo Schroeder (2017), no Brasil, as florestas de pinus ocupam em torno de 1,52 milhões de hectares, onde aproximadamente 85% dos plantios localizam-se na região sul do país (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), devido às condições climáticas e a concentração das principais indústrias de processamento desse tipo de madeira.

Para a produção de painéis de madeira reconstituída, o gênero pinus apresenta grande potencial pois a flexibilidade e planicidade das partículas geradas, favorecendo o método de aplicação da resina, formação do colchão de partículas e área de contato entre as partículas (GORSKI, 2014).

3.2. Produtos preservantes e tratamento preservativo

A existência de inúmeras espécies de madeira sujeitas ao ataque de agentes biológicos faz com que o uso de tratamentos preservativos seja inevitável. Todavia, as ações destes agentes sobre a madeira ainda representam uma perda considerável para o setor madeireiro, devido ao uso de produtos ineficazes e/ou pela falta de orientação técnica na escolha de um produto adequado para a finalidade desejada, bem como pela forma adotada para a sua aplicação (MONTANA, 2019).

A maior parte dos produtos existentes no mercado, usualmente tem suas formulações alteradas num breve espaço de tempo, em decorrência da grande concorrência entre as empresas que os manipulam (MORESCHI, 2005).

De uma forma ampla a ABPM (Associação Brasileira de Preservadores de Madeira (2019)), relaciona as seguintes características de produtos preservativos que merecem atenção: o preservativo deve ser tóxico aos organismos xilófagos; o seu valor como preservativo deve ter suporte com dados de campo e/ou obtidos de madeira em serviço; o preservativo deve possuir propriedades químicas e físicas satisfatórias, que governem a sua permanência sob as condições para as quais ele é recomendado; o preservativo deve ser livre de qualidades indesejadas para uso e manuseio; o preservativo deve ser submetido a controles satisfatórios, de laboratórios e de usinas; o preservativo deve estar à disposição no mercado, sob o fornecimento de patentes correntes e o preservativo deve estar em uso comercial atual.

3.3. Casca de Arroz

Segundo a Conab - Companhia Nacional De Abastecimento (2019), com uma área de aproximadamente um milhão de hectares plantados, o estado do Rio Grande do Sul é destacadamente o maior produtor de arroz (*Oryza sativa* L.) do país.

A casca de arroz é um revestimento ou capa protetora formada durante o crescimento do grão, de baixa massa específica e elevado volume. É um material fibroso, cujos maiores constituintes são celulose (50%), lignina (30%) e compostos inorgânicos (20%), apresenta ainda um elevado teor de sílica (BRAZILIAN RICE, 2019).

De acordo com Melo (2009) a casca de arroz, é um material fibroso e de baixa permeabilidade, podendo ser necessária para a produção de chapas de qualidade, algum tratamento de quebra ou escurificação das partículas.

Além do poder calorífico, a casca de arroz guarda uma propriedade preciosa, nela podem ser encontrados até seis vezes mais dióxido de silício (ou sílica) do que em outros cereais. Composto químico, cristalino e abundante na crosta terrestre, a sílica é responsável por uma espantosa versatilidade no uso da casca: a partir dela, pode-se produzir borracha, cimento e até chips eletrônicos (SOUZA, 2016).

3.4. Painéis de Madeira Reconstituída

Os painéis de madeira reconstituída são classificados em compostos laminados e compostos particulados. Os painéis à base de partículas de madeira surgiram na Alemanha, durante a Segunda Guerra Mundial no início da década de 40 como forma de viabilizar o uso de resíduos de madeira, devido à dificuldade de se obter árvores com diâmetros e qualidades para produção de painéis compensados (SOUZA, 2016).

Esse tipo de painéis possuem vantagens que podem ser destacadas: menor exigência na escolha da matéria-prima; maior homogeneidade ao longo das peças; redução da anisotropia e eliminação de defeitos como: nós, grã irregular, defeitos provenientes da secagem, entre outros (MELO, 2009).

Embora já existam inúmeros tipos de painéis com características e finalidades diferenciadas, a busca por novos produtos que apresentem aplicações específicas e menor relação custo/benefício é contínua (IBÁ, 2016).

Os produtos derivados da madeira vêm se constituindo em interessante alternativa para a substituição da madeira maciça em diversas aplicações, desde a utilização na indústria moveleira e de embalagens, até como elementos estruturais em componentes de edificações (MELO, 2009).

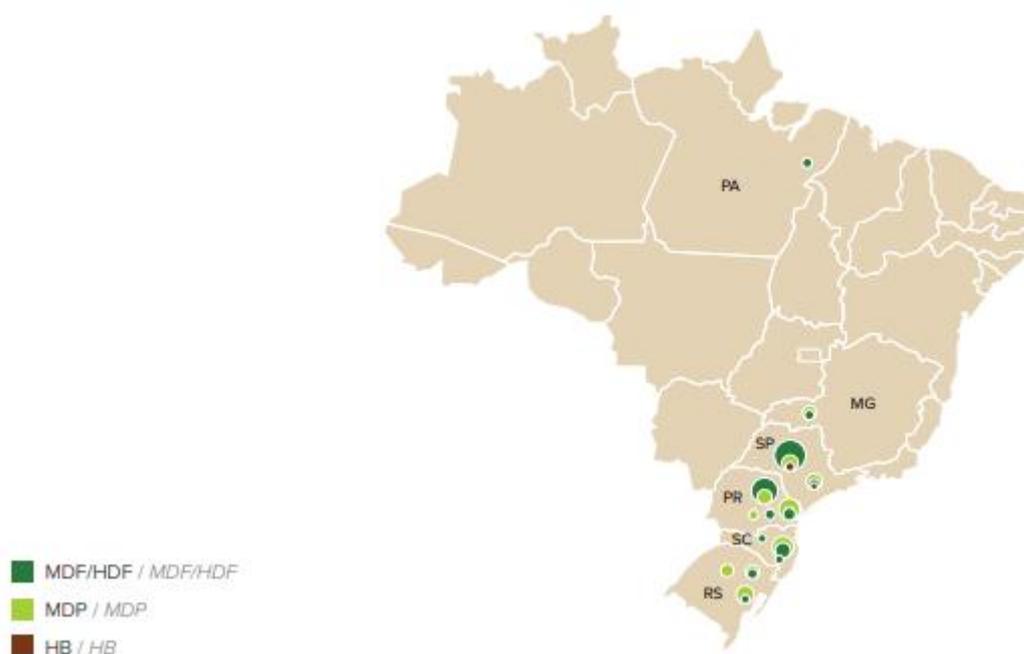
Os painéis de madeira reconstituída apresentam basicamente duas classificações quanto a sua aplicação: produtos de uso interior e de uso exterior. Os painéis para uso em interiores são aqueles que são apropriados à utilização em ambientes fechados de construções ou residências, onde não há interferência direta de intempéries, havendo controle de umidade e de temperatura. Já os compostos de uso em exteriores são utilizados em ambientes onde há uma exposição à fatores climáticos e meteorológicos, como exemplo ação de chuvas e ventos (OLIVEIRA, 2014).

3.4.1. Aglomerados

Segundo Melo (2009), os aglomerados podem ser produzidos a partir de qualquer material de origem lignocelulósica desde que sejam atribuídos ao painel alta resistência mecânica e massa específica estabelecida. As empresas fabricantes

de painéis aglomerados têm uma capacidade nominal instalada de 3,0 milhões de metros cúbicos por ano.

O aglomerado é o gênero de painel mais produzido e consumido no mundo e no Brasil, porém, nosso país ainda não se encontra entre os líderes de produção mundial. A grande maioria das empresas deste segmento estão instaladas no sul e sudeste do Brasil (Figura 1), nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (IBÁ, 2016).



Figura

1 – Distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída.
Fonte: IBÁ, 2016.

Painéis de partículas aglomeradas destacam-se como produtos que permitem a utilização de rejeitos em sua obtenção, possibilitando considerável apelo sustentável (MELO, 2009).

Segundo Iwakiri (2005) os painéis aglomerados podem ser classificados com base na densidade, tipos de partículas e sua distribuição: com base na densidade: até $0,59 \text{ g/cm}^3$ (baixa), de $0,60$ a $0,79 \text{ g/cm}^3$ (média) e acima de $0,80 \text{ g/cm}^3$ (alta); por meio dos tipos de partículas, podem ser divididos em: painéis aglomerados convencional, painéis de partículas do tipo “flake” (*flakeboard*), painéis de partículas do tipo “wafer” (*waferboard*) e painéis de partículas do tipo “strand” (*strandboard*) e conforme a distribuição de partículas: painéis homogêneos, painéis de múltiplas camadas, painéis de camadas graduadas e painéis de partículas orientadas.

3.5. Adesivos

O adesivo é um componente importante, com implicações técnicas e econômicas significativas na utilização dos produtos à base de madeira, com o seu custo podendo chegar até 50% do preço total do produto final (CARNEIRO et al., 2004).

Segundo Iwakiri (2005) os adesivos utilizados para a colagem de madeiras e seus usos podem ser classificados em: naturais, termoplásticos e fixos. Seguindo a linha de classificação, podemos ainda classificar os adesivos conforme o seu ambiente de uso: adesivo estrutural; adesivo semi estrutural e adesivo não estrutural.

3.5.1. Fenol – Formaldeído

Segundo Machado (2013), as resinas fenólicas são produzidas através da reação de polimerização entre fenóis e aldeídos ou vários de seus derivados. A formação de resinas poliméricas a base de fenol e formaldeído compreende três etapas distintas: adição do formaldeído ao fenol juntamente com o catalisador ácido ou básico; crescimento da cadeia polimérica ou formação de um pré-polímero (em temperaturas inferiores a 100°C e ocorrência da reação de cura ou reticulação. A formação destas resinas deve ser cuidadosamente controlada a fim de se obter o produto desejado.

De acordo com Iwakiri (2005), as resinas fenólicas podem ser obtidas por meio de reações químicas entre fenóis com formaldeído, através de duas maneiras: reação de fenol, originado por síntese do benzeno, com excesso de formaldeído e na presença de um catalisador ácido; utiliza a reação do fenol em excesso com formaldeído, na companhia de um catalisador ácido, é produzida na forma sólida, apresentando razão molar de 0,8:1 a 1:1, tendo por “novolac” sua referência e adesivo indicado para uso estrutural em ambiente externo.

4. Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Painéis de Madeira - LAPAM e Laboratório de Propriedades Mecânicas da Madeira, ambos vinculados ao curso de Engenharia Industrial Madeireira (EIM), do Centro de Engenharias (CEng) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), seguindo as seguintes etapas: recebimento dos materiais; secagem e classificação da matéria-prima; produção dos painéis; determinação das propriedades físicas e mecânicas das chapas.

4.1. Matéria-Prima

A madeira de pinus (*Pinus elliottii*) tratada utilizada para a produção das chapas de partículas aglomeradas se caracterizou por resíduos de produção (usinagem, refilos, destopos), obtidos por meio da empresa Impregna, localizada no município de Camaquã - RS.

Abaixo é apresentada a composição do CCA-C utilizado pela empresa fornecedora dos resíduos:

- Cromo hexavalente, como CrO₃: 34,2% (m/m);
- Cobre bivalente, como CuO: 13,32% (m/m);
- Arsênio Pentavalente, como As₂O₅: 24,48% (m/m);
- Água: 28% (m/m).

A casca de arroz, também um resíduo de produção, foi obtida por meio da empresa Arrozeira Extremo Sul, também localizada no município de Camaquã/RS, onde atualmente exerce o processo de beneficiamento do arroz parboilizado.

A resina fenol-formaldeído utilizada, foi doada pela empresa Momentive Química do Brasil, situada no Distrito Industrial de Curitiba - PR.

A avaliação da qualidade da resina fenol-formaldeído decorreu a partir da determinação dos seguintes parâmetros: teor de sólidos, densidade, pH, viscosidade cinética e tempo de formação de gel (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros da resina Fenol-formaldeído

Propriedades	Valor
Teor de Sólidos (%)	52,11
Densidade à 25 °C(g/cm ³)	1,23
pH	12,70
Viscosidade (mPa.s)	1571,28
Gel Time à 121 °C (s)	6,00

4.2. Produção dos painéis

Toda a madeira de pinus tratada foi processada em um moinho de martelo (abertura da malha de 9mm) e em seguida classificada (*mesh* 10 e 16), o material retido na peneira de 16*mesh* foi o utilizado para a confecção dos painéis, também foi realizado o peneiramento (*mesh* 40) de toda a casca de arroz para a eliminação do pó (Figura 2).



Figura 2 – Partículas de madeira tratada e casca de arroz.

Após a classificação e separação das partículas tratadas e casca de arroz, os materiais permaneceram em uma estufa com circulação forçada de ar (Figura 3) até atingirem teor de umidade próximo a 3%, por um período de aproximadamente 26 horas.



Figura 3 – Estufa com circulação forçada de ar utilizada para secagem dos materiais.

Os painéis aglomerados homogêneos foram produzidos por meio de quatro composições diferentes (Tabela 2), proporções de mistura partículas / casca, em triplicatas, utilizando as partículas de pinus tratada com CCA, casca de arroz e a resina fenol-formaldeído. Ao total foram produzidas 12 chapas para a experimento.

Tabela 2 – Plano experimental utilizado

Tratamento	Partícula Tratada CCA (%)	Casca de Arroz (%)
Tratamento 1	100	0
Tratamento 2	75	25
Tratamento 3	50	50
Tratamento 4	25	75

As chapas de partículas foram produzidas de acordo com as seguintes especificações: dimensões 350 x 350 x 15mm (Figura 4), densidade nominal de 0,40g/cm³ e 8% de sólidos da resina fenol-formaldeído com base no peso seco das partículas.

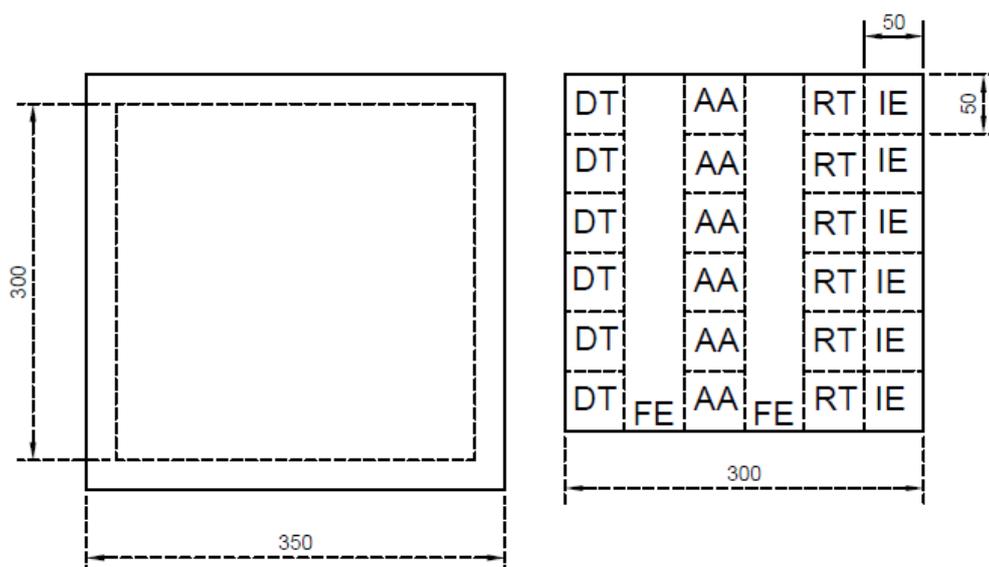


Figura 4 – Dimensões das chapas e *layout* para corte dos corpos de prova.

A aplicação da resina fenol-formaldeído (8%) foi realizada em uma encoladeira de partículas (Figura 5) do tipo tambor rotativo. A encoladeira possui uma pistola aspersora acionada por um compressor de ar e acoplada a um recipiente reservatório para o líquido, de maneira a aplicá-lo de forma uniforme sobre as partículas.



Figura 5 – Encoladeira de partículas, equipamento utilizado para aplicação da resina.

O processo de prensagem foi realizado com uma pressão específica estipulada em 40 kgf/cm^2 , temperatura de $180 \text{ }^\circ\text{C}$ e período de 09 minutos (Figura 6).



Figura 6 – Processo de formação do colchão de partículas e chapa pronta para a prensagem.

Após o processo de produção os painéis foram alocados em uma sala climatizada com temperatura de $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ e $(65 \pm 5) \%$ de umidade relativa do ar, onde permaneceram até atingirem o teor de umidade de equilíbrio próximo a 12%.

Em seguida os painéis foram esquadrejados, efetuados os cortes para obtenção dos corpos de prova e realização dos ensaios físico-mecânicos de acordo com as especificações da norma europeia, ver Tabela 3.

Tabela 3 - Normas utilizadas para avaliação das propriedades dos painéis

Ensaio	Norma	Nº de Corpos de Prova
Densidade (g/cm^3)	EN 323	60
Teor de Umidade (%)	EN 322	60
Absorção de Água (%)	EN 317	60
Inchamento em Espessura (%)	EN 317	60
Flexão Estática (N/mm^2)	EN 310	30
Tração Perpendicular (N/mm^2)	EN 319	30

4.2.1. Análise Estatística

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado com três chapas produzidas por tratamento e variação do número de corpos de prova em função das propriedades (variáveis) avaliadas.

Para o atendimento dos requisitos necessários ao emprego da análise de variância - ANOVA e avaliação das propriedades dos painéis foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov para determinação da normalidade dos dados e a verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de *Hartley*. Os dados médios referentes as propriedades (absorção de água e inchamento em espessura) dos painéis foram submetidos a análise de covariância – ANCOVA, em função da variação da densidade aparente entre as chapas nos tratamentos. Havendo rejeição da hipótese de nulidade pelo teste F, empregou-se o teste *Tukey* a 5% de significância para comparação entre as médias dos tratamentos.

A utilização da análise de covariância neste estudo se justifica pela dificuldade de controle rigoroso da densidade dos painéis durante o processo de produção em laboratório, havendo a necessidade de ajuste dos valores das propriedades em torno da densidade média encontrada para todo conjunto de dados. Para a determinação da RTP foram avaliados apenas os tratamentos 1, 2 e 3 em função da baixa resistência do quarto tratamento optou-se por retirá-lo apresentado apenas sua média e coeficiente de variação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Propriedades físicas dos painéis

Os valores médios analisados para as propriedades de teor de umidade (TU), densidade aparente (DA), absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE) dos painéis aglomerados são apresentados nas Figuras 7, 8 e 9.

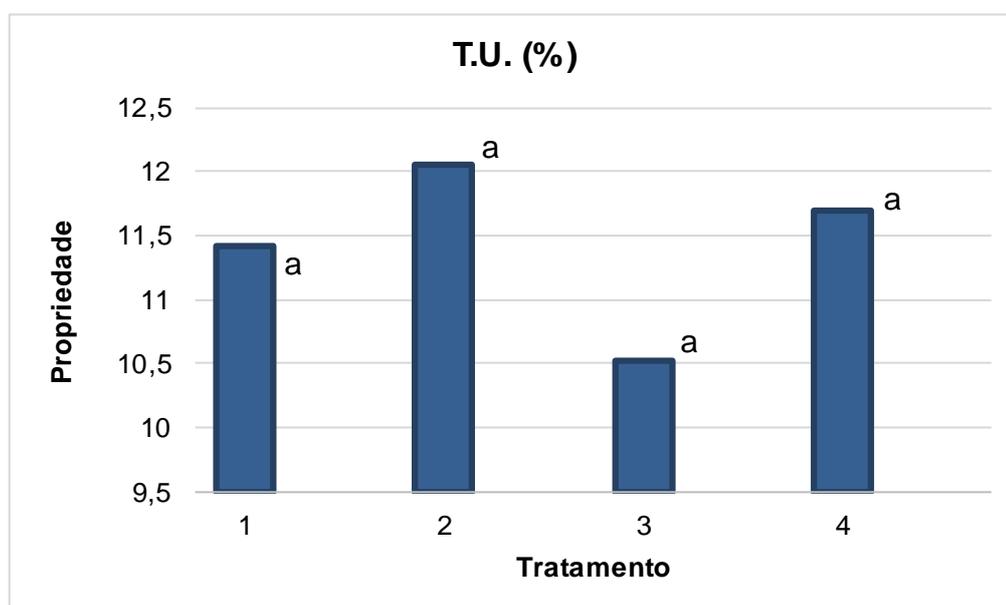


Figura 7 - Valores médios de teor de umidade (TU).

Os valores médios para o teor de umidade dos painéis confeccionados permaneceram homogêneos, variando de 10,52% a 12,06%, não sendo significativos estatisticamente (Apêndice D, E e F). O teor de umidade de produtos de madeira reconstituída difere da madeira sólida devido às variáveis de processamento em que são expostos.

Poleto (2014), encontrou valores variando 10% a 12% para painéis aglomerados de Pinus tratados com CCB, com uma densidade de 0,80 g/cm³, a resina utilizado neste estudo foi resina poliuretana bicomponente à base de óleo mamona. Trianoski (2010), em seu estudo sobre painéis aglomerados, encontrou dados médios de 10,22% com relação ao teor de umidade para a espécie de Pinus, para uma densidade de aproximadamente 0,70 g/cm³.

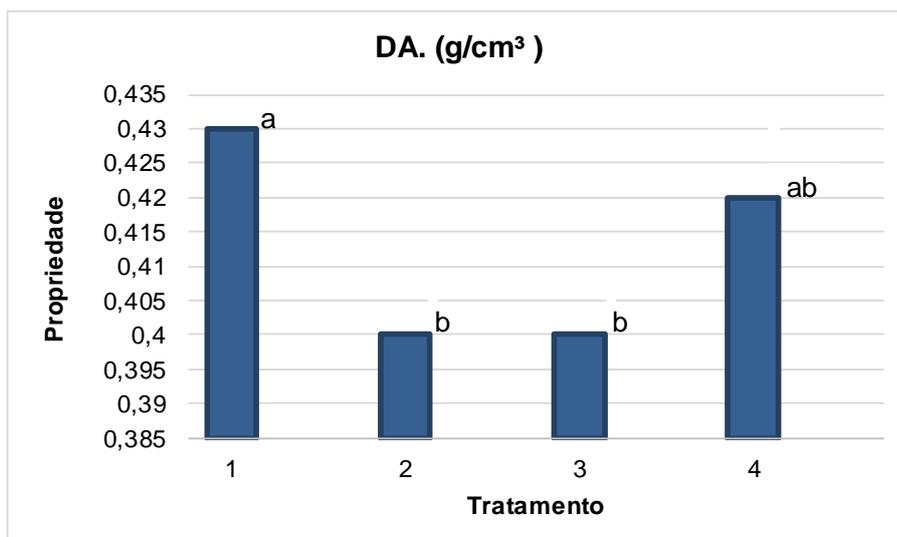


Figura 8 - Valores médios de densidade aparente (DA).

Os valores encontrados para a propriedade de densidade aparente variaram de 0,4 g/cm³ a 0,43 g/cm³, ficando dentro dos densidade nominal estipulada para o estudo.

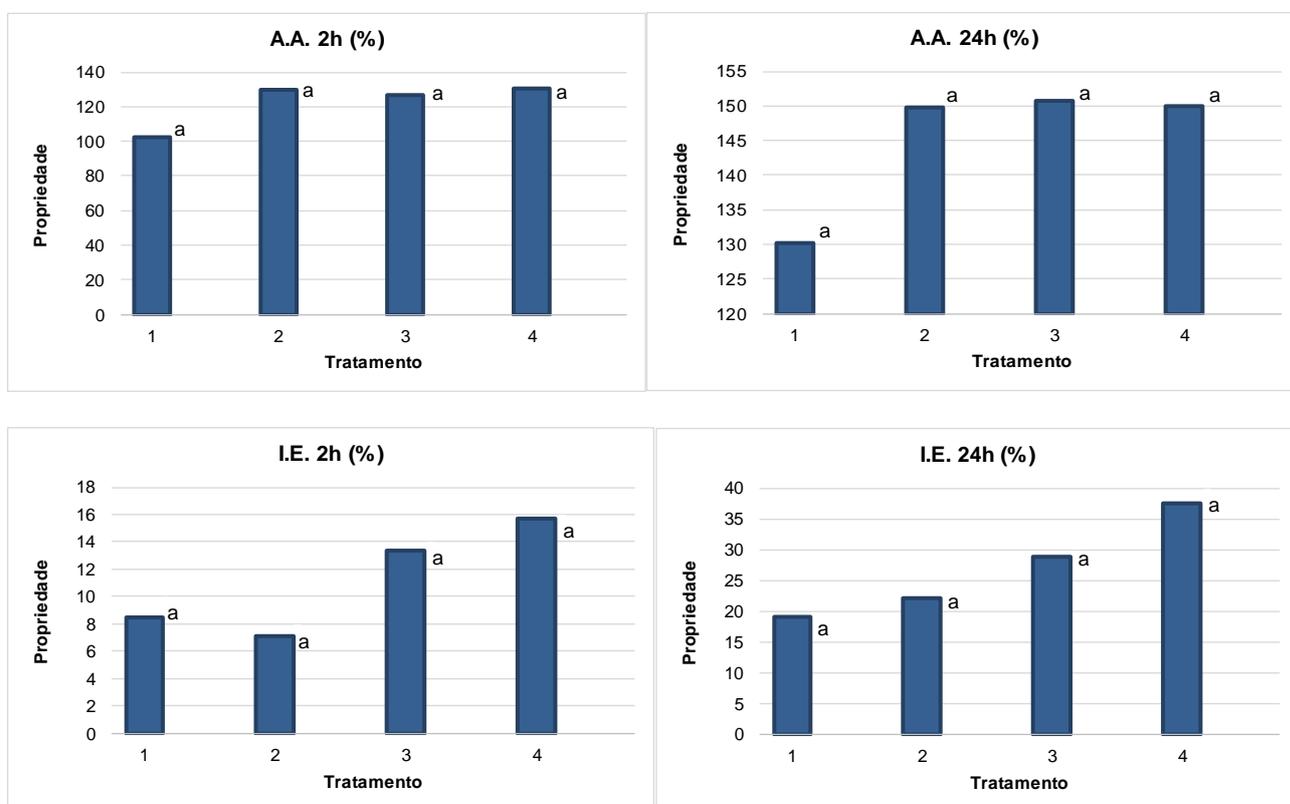


Figura 9 - Valores médios de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE).

Para as propriedades físicas AA e IE foram necessárias a realização de uma análise de covariância em função da densidade entre os tratamentos terem apresentado diferenças estatísticas comprovadas pela ANOVA e teste de médias das densidades correspondentes aos corpos de prova avaliados, os tratamentos não apresentaram uma diferença estatística entre os tratamentos.

Os resultados observados para absorção de água em duas e vinte e quatro horas variaram de 102,68% a 130,32% e entre 130,27% e 150,68%, respectivamente, não sendo significativos estatisticamente (Apêndice F a L). Lourenço Neto (2017), encontrou valores médios de aproximadamente 105%, para painéis fabricados apenas com madeira de Pinus, para uma densidade aparente de $0,70\text{g/cm}^3$ e resina ureia-formaldeído. Estudo realizado por Maciel et al. (2004), com painéis de Pinus e resina fenol obtiveram resultados para essa propriedade variando de 135,74% a 149,59%, valores dentro do estudo realizado. Rios et al. (2016), encontrou valores variando de 113,31% a 127,06, para uma densidade de $0,55\text{g/cm}^3$, com uma espessura de 16mm, utilizando madeira de pinus valores semelhantes aos encontrados.

Os valores encontrados para a propriedade de inchamento em espessura em duas e vinte e quatro horas variaram respectivamente de 7,11% a 15,66% e 19,02% e 37,51%. Maciel et al. (2004), com painéis de pinus e adesivo fenol-formaldeído obtiveram resultados para essa propriedade variando de 45,75% a 56,75%, valores acima dos observados. Bertolini (2014), encontrou valores que variaram de 10,62% a 16,3%, para uma densidade de aproximadamente $0,80\text{g/cm}^3$, neste caso, o valor desta propriedade em 24h foi superior, quando comparado a literatura em questão. Trianoski (2010), encontrou valores variando de 13,02% a 18,56%, para uma densidade de $0,70\text{g/cm}^3$, valores dentro dos achados, para o tempo de 2h. Rios et al. (2016), encontraram valores variando de 20,64% a 28,84, para uma densidade de $0,55\text{g/cm}^3$, valores similares ao estudo.

5.2. Propriedades mecânicas dos painéis

Os valores médios analisados para as propriedades de módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR) e resistência à tração perpendicular (RTP) dos painéis aglomerados são apresentados nas Figuras 10, 11 e 12.

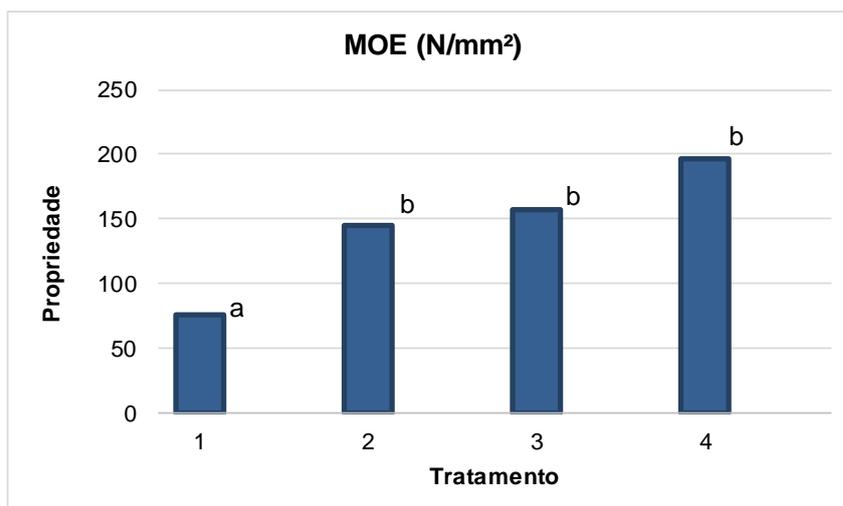


Figura 10 - Valores médios de módulo de elasticidade (MOE).

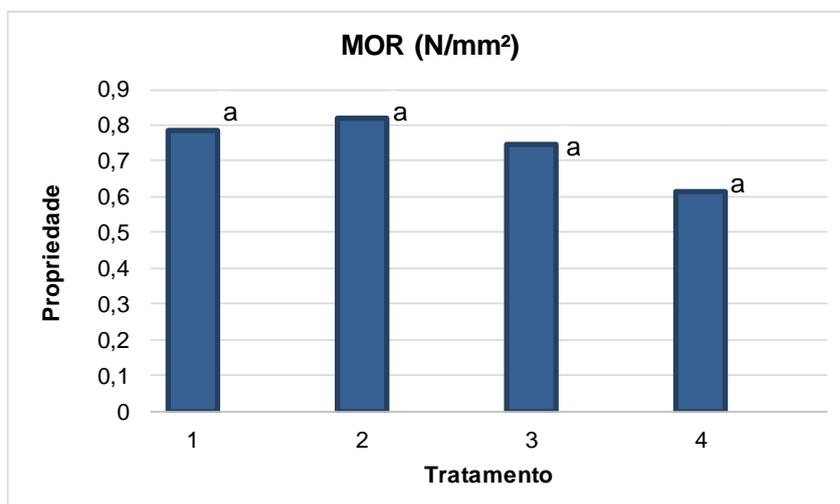


Figura 11 - Valores médios de módulo de ruptura (MOR).

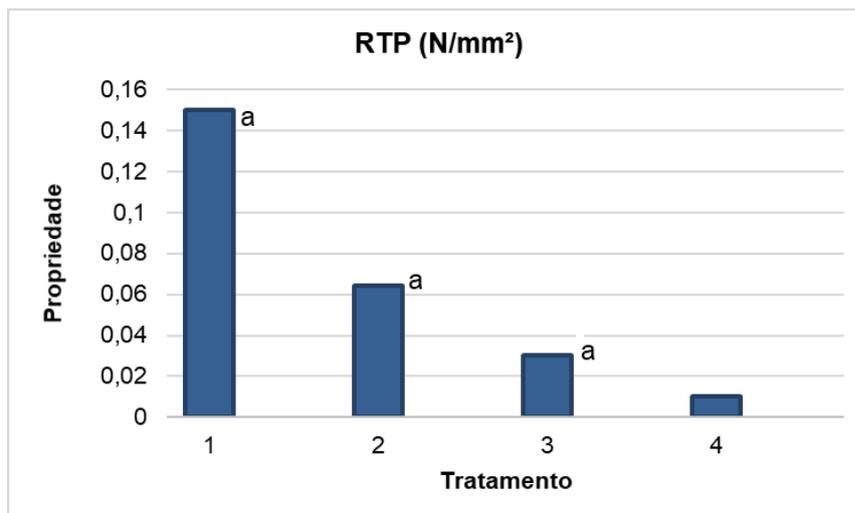


Figura 12 - Valores médios de resistência à tração perpendicular (RTP).

Os valores médios encontrados para a propriedade de rigidez (módulo de elasticidade - MOE) variaram de 76,15N/mm² a 196,07N/mm², sendo que os tratamentos 2, 3 e 4 não apresentaram diferença estatisticamente significativa, entretanto, o tratamento 1 se diferenciou dos demais (Apêndice S, T, U), direcionando o aumento do MOE com a incorporação de casca de arroz nos painéis avaliados.

Os resultados observados para o módulo de ruptura foram de 0,615N/mm² a 0,785N/mm², não havendo diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados, demonstrando ser possível a incorporação de diferentes proporções de casca de arroz na produção das chapas, havendo a possibilidade real de uso desses resíduos sem redução da resistência mecânica do material.

Em estudo desenvolvido por Souza (2012) com painéis de casca de arroz e resina de tanino da acácia-negra na forma de pó, densidade de 0,65g/cm³, encontrou valores de aproximadamente 196,58N/mm² (MOE) e 3,77N/mm² (MOR), sendo os resultados para MOE similares ao do presente estudo.

Melo (2009), em seu estudo sobre painéis aglomerados, encontrou dados médios para o MOE de 144,27 N/mm² e 151,77 N/mm², utilizando respectivamente resina ureia-formaldeído e tanino-formaldeído.

Cabe ressaltar que o presente trabalho realizou uma adaptação da norma europeia EN 310 (flexão estática) com relação ao comprimento do corpo de prova (300 x 50 x 15) mm e do vão (250 mm). Os painéis apresentaram baixa resistência fato que está vinculado a sua baixa densidade.

Os valores encontrados para a propriedade de resistência à tração perpendicular variaram de 0,03N/mm² a 0,15N/mm². A ligação interna (RTP) foi influenciada negativamente pela incorporação de diferentes proporções da casca de arroz, fato que pode ser justificado por meio da dificuldade de interação do adesivo com a interface da casca de arroz e madeira tratada.

6. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados observados pode-se concluir que:

- Os painéis aglomerados produzidos apresentaram uniformidade tanto no teor de umidade quanto em relação a densidade nominal estipulada para o estudo;
- Os resultados observados para absorção de água e inchamento em espessura em duas e vinte e quatro horas não foram influenciados pela incorporação de diferentes proporções de casca de arroz;
- Com relação as propriedades mecânicas, apenas para a rigidez (MOE) a incorporação de casca de arroz possibilitou o incremento de seus valores médios, em contrapartida a resistência (MOR) não foi influenciada pelas diferentes proporções da casca de arroz estudadas;
- A ligação interna das chapas (RTP) foi afetada diretamente pela incorporação da casca de arroz, havendo uma redução significativa dessa propriedade;
- De maneira geral, os painéis aglomerados produzidos com os resíduos de madeira de pinus tratada com CCA e incorporação da casca de arroz apresentaram resultados satisfatórios indicando sua aplicação em ambiente interno.

Referências

ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS – AGEFLOR. **Dados e Fatos**. 2019. Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br/dados>>. Acessado em: 19 nov. 2019.

ALMEIDA, R.R. **Utilização do Epicarpo Fibroso do Coco de Babaçu (*Orbignya sp.*) na Fabricação de Painéis Compostos**. Brasília: Universidade de Brasília, 39 p., 1999.

ALVES, S. D. **Painéis aglomerados produzidos com casca de arroz modificada termicamente em associação com madeira de *Pinus taeda***. 2017. Trabalho de Conclusão e Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA – **ABPM**. 2019. Disponível em: <<http://www.abpm.com.br/>>. Acessado em: 30 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL - APRE. **O uso da madeira tratada na construção civil**. 2011. Disponível em: <<http://www.apreflorestas.com.br/noticias/construcao-civil/132/o-uso-da-madeira-tratada-na-construcao-civil>>. Acessado em: 30 out. 2019.

BERTOLINI, M. S. **Emprego de resíduos de *Pinus sp.* tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana a base de mamona**. 128f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BRAZILIAN RICE - Disponível em: <<http://brazilianrice.com.br/>>. Acessado em: 19 nov. 2019.

CARNEIRO, A. C. O. **Efeito da hidrólise ácida e sulfitação de taninos de *Eucalyptus grandis w. hillexmaiden* e *Anadenanthera peregrina* sp., nas propriedades dos adesivos**. (Tese). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **CONAB**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acessado em: 19 nov. 2019.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: Wood-based panels: Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussel: CEN, 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 317**: Particleboards and Fiberboards: Determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussel: CEN, 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 319**: Particleboards and Fiberboards: Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. Brussel: CEN, 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 323**: Wood-based panels: Determination of density. Brussel: CEN, 1993.

FACCIO, M. L. R. **Importância do gênero pinus spp. para o setor madeireiro no Brasil**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

FOELKEL, C. E. B. Celulose kraft de Pinus spp. **ABTCP**, São Paulo, p.191- 211, jan. 1975.

GORSKI, L. **Painéis de partículas orientadas (OSB) da madeira de Pinus spp. e Eucalyptus benthamii**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Área: Tecnologia da Madeira) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. . Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acessado em: 19 nov. 2019.

IMAFLOA – **Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola**. Certificação Florestal. Disponível em: <<http://www.imaflora.org>>. Acessado em: 11/01/2019.

IMPREGNA – **Impregna - Usina de Tratamento de Madeiras Ltda**. Disponível em: <<http://www.impregnamadeiras.com.br>>. Acessado em: 18/02/2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório Anual. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acessado em: 19 nov. 2019.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF. 2005.

LOURENÇO NETO, G. R. **Propriedades Tecnológicas de Painéis Aglomerados Produzidos com Resíduos Lignocelulósicos**. 2017. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

MACHADO, J. K. F. B. **Obtenção e Caracterização de compósito híbrido de carbono polimérico vítreos/sílica usando método sol-gel**. 2013. Tese (Doutorado) - (Programa de Pós-Graduação em Química) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

MACIEL, Antônio da Silva et al. Painéis de partículas aglomeradas de madeira de pinus elliottii engelm., poliestireno (ps) e polietileno tereftalato (pet). **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.257-266, 2004.

MATTOS, R.L.G.; GONÇALVES, R.M.; CHAGAS, F.B. Painéis de madeira Brasil: panorama e perspectivas. **BNDS Setorial**, n.27, p.121-156, 2008.

MELO, R. R. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeteriorações de painéis aglomerados confeccionados em diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. 2009. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MONTANA – **Montana Química S.A.** Disponível em: <<http://www.montana.com.br>>. Acessado em: 30 out. 2019.

MORESCHI, J.C. **Produtos preservantes de madeira**. Curitiba, 2005. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, BR-PR, 2005, 31p.

OLIVEIRA, B. G. **Uso de painel laminado de pinus taeda na produção de shape para skateboard**. 2014. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

POLETO, S. F. S. **Protótipo arquitetônico utilizando painéis com inovação tecnológica fabricados com partículas homogêneas de resíduos de madeira**. . Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

REMADE – Revista da Madeira – Edição nº 68 – Dezembro de 2002. **Preservação**. Disponível em: Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=264&subject=Preserva%C3%A7%C3%A3o&title=Preserva%C3%A7%C3%A3o>. Acessado em: 30/10/2019.

RIOS, Polliana D'Angelo et al. Avaliação do potencial da madeira de *Pinus patula* Schldl. & Cham para a produção de painéis de madeira aglomerada. **Scientia Forestalis**, volume 44, n. 110 p.497-508, junho de 2016.

CAMPOS, Ceci Sales, et al.. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. MORACEAE - (pau-rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.845-853, 2003.

Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/publicacoes.htm>>. Acessado em: 30/10/2019.

SCHROEDER, F. **Determinação do teor de umidade e densidade aparente do cavaco de pinus spp. sob diferentes condições de armazenamentos**. 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

SILVA, J. C. Madeira preservada: os impactos ambientais. **Revista da Madeira**, n. 100. 2006. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acessado em: 30 out. 2019.

SHIMIZU J.Y., **Cultivo do Pinus (Espécies)**, Embrapa,, novembro de 2005, disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03_especies_mais_plantadas_no_brasil.htm>. Acessado em: 30 out. 2019.

SOUZA, A. M. **Produção e avaliação do desempenho de compósitos à base de madeira a partir de insumos alternativos**. 2016. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Solvent extractives of wood and pulp**. Atlanta, 2007. 4p. (T204 cm-07). **Water solubility of wood and pulp**. Atlanta, 2008. 3p. (T207 cm-08). **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 °C**. Atlanta, 2012. 5p. (T211 om-12).

TELLES DE SOUZA, J. **Aproveitamento da casca de arroz para fabricação de chapas aglomeradas**. 2012. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

Apêndices

Apêndice A – Análise de variância para variável densidade aparente dos painéis					
Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	P
Entre tratamentos	0,115656	3	0,003855	3,87	0,0138
Dentro dos Tratamentos	0,0558	56	0,000996429		
Total	0,067365	59			

Apêndice B – Teste para homogeneidade das variâncias para variável densidade aparente dos painéis	
	Test
Hartley's	2,48402

Apêndice C – Teste para verificação da normalidade para variável densidade aparente dos painéis	
Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,579414

Apêndice D – Análise de covariância para variável teor de umidade dos painéis			
Source	Sum of Squares	Df	P - Value
D TU	0,00235361	1	0,9866
A Tratamento	19,3768	3	0,5
Residual	455,821	55	
Total (Corrected)	475,203	59	

Apêndice E – Teste para homogeneidade das variâncias para variável teor de umidade dos painéis	
	Test
Hartley's	1,99708

Apêndice F – Teste para verificação da normalidade para variável teor de umidade dos painéis	
Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,821061

Apêndice G – Análise de covariância para variável AA 2hrs dos painéis			
Source	Sum of	Df	P - Value
D TU	6503,6	1	0
A Tratamento	7886,12	3	0,5
Residual	12617,4	55	
Total (Corrected)	27027,3	59	

Apêndice H – Teste para homogeneidade das variâncias para variável AA 2hrs dos painéis	
	Test
Hartley's	7,23015

Apêndice I – Teste para verificação da normalidade para variável AA 2hrs dos painéis	
Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,276369

Apêndice J – Análise de covariância para variável AA 24hrs dos painéis

Source	Sum of Squares	Df	P - Value
D TU	6473,17	1	0
A Tratamento	4231,88	3	0,5
Residual	12103,9	55	
Total (Corrected)	23342,3	59	

Apêndice K – Teste para homogeneidade das variâncias para variável AA 24hrs dos painéis

Test	
Hartley's	16,5265

Apêndice L – Teste para verificação da normalidade para variável AA 24hrs dos painéis

Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,654716

Apêndice M – Análise de covariância para variável IE 2hrs dos painéis

Source	Sum of Squares	Df	P - Value
D TU	154,567	1	0,0021
A Tratamento	668,656	3	0,5
Residual	814,834	55	
Total (Corrected)	1534,71	59	

Apêndice N – Teste para homogeneidade das variâncias para variável IE 2hrs dos painéis

Test	
Hartley's	20,0101

Apêndice O – Teste para verificação da normalidade para variável IE 2hrs dos painéis

Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,196825

Apêndice P – Análise de covariância para variável IE 24hrs dos painéis

Source	Sum of Squares	Df	P - Value
D TU	94,2209	1	0,0088
A Tratamento	2822,07	3	0,5
Residual	701,769	55	
Total (Corrected)	3530,61	59	

Apêndice Q– Teste para homogeneidade das variâncias para variável IE 24hrs dos painéis

Test	
Hartley's	8,62559

Apêndice R – Teste para verificação da normalidade para variável IE 24hrs dos painéis

Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,239727

Apêndice S – Análise de covariância para variável MOE dos painéis

Source	Sum of Squares	Df	F - Ratio	P - Value
Entre tratamentos	29969,9	3	16,73	0,0001
Dentro dos Tratamentos	7164,86	12		
Total (Corrected)	37134,8	15		

Apêndice T – Teste para homogeneidade das variâncias para variável MOE dos painéis

Test	
Hartley's	3,38812

Apêndice U – Teste para verificação da normalidade para variável MOE dos painéis

Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,993183

Apêndice V – Análise de covariância para variável MOR dos painéis

Source	Sum of Squares	Df	F - Ratio	P - Value
Entre tratamentos	0,0947188	3	0,75	0,5413
Dentro dos Tratamentos	0,502975	12		
Total (Corrected)	0,597694	15		

Apêndice X – Teste para homogeneidade das variâncias para variável MOR dos painéis

Test	
Hartley's	8,77474

Apêndice Y – Teste para verificação da normalidade para variável MOR dos painéis

Test	P- Value
Kolmogorov - Smirnov Test	0,752234
