

Felipe Antonio dos Santos

**DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE
PAINÉIS OSB SUBMETIDOS A TRATAMENTO
QUÍMICO COM CCA**

Itapeva - SP

2018

Felipe Antonio dos Santos

DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE PAINÉIS OSB SUBMETIDOS A TRATAMENTO QUÍMICO COM CCA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Experimental de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Campus Experimental de Itapeva

Curso de Graduação em Engenharia Industrial Madeireira

Orientador: Prof^a. Dra. Cristiane Inácio de Campos

Itapeva - SP

2018

S237d	Santos, Felipe Antonio dos Desempenho físico-mecânico de painéis OSB submetidos a tratamento químico com CCA / Felipe Antonio dos Santos. -- Itapeva, 2018 51 f. : il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus Experimental de Itapeva, Itapeva Orientadora: Cristiane Inácio de Campos 1. Painéis de partículas. 2. Pinus taeda. 3. Tratamento químico. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Câmpus Experimental de Itapeva. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Resumo

Com a crescente utilização de painéis a base de madeira diversos estudos têm sido realizados com o intuito de melhorar a utilização e aprimorar suas propriedades. Bem como a utilização racional da matéria-prima. Sendo assim, definiu-se o objetivo deste estudo o tratamento químico com CCA em painéis OSB de pinus e analisar a influência do tratamento nas propriedades físicas como densidade, teor de umidade, inchamento e mecânicas como resistência à flexão estática e adesão interna dos painéis. Os painéis foram produzidos utilizando a resina melamina-formaldeído com a distribuição das partículas de 20% em suas extremidades e 60% no centro do painel. Os painéis foram caracterizados de acordo com as normas europeias. Os painéis tratados obtiveram maior teor de umidade e menor inchamento em espessura. Os painéis sem tratamento atendem os requisitos para painéis OSB de Classe 1 de uso interno e não estrutural, já os painéis tratados não atingiram os mínimos exigidos para qualquer classe.

Palavras-chave: OSB. Pinus. Melamina-formaldeído. Tratamento químico CCA.

Abstract

The increasing use of wood-base panels some studies have been carried out with the purpose of the best use and improvement of their properties. As well as the rational use of the raw material. Therefore, the objective of this study was to determine the chemical treatment with CCA in OSB panels of pinus and to analyze the influence of the treatment on physical properties such as density, moisture content, swelling and absorption, and mechanical properties such as resistance to static flexion and internal adhesion of the panels. The panels were produced using the melamine-formaldehyde resin with the distribution of the 20% particles at their ends and 60% at the center of the panel. The panels have been characterized according to European standards. The treated panels obtained higher moisture content and lower thickness swelling. Untreated panels meet the requirements for Class 1 OSB panels for internal and non-structural use, as the treated panels have not reached the required minimums for any class.

Keywords: OSB. Pinus. Melamine-formaldehyde. Chemical treatment CCA.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Grupos do setor florestal de acordo com a ABIMCI.	13
Figura 2 – Processo produtivo de OSB	20
Figura 3 – Utilização de painéis OSB	21
Figura 4 – Dados da utilização de painéis OSB	22
Figura 5 – <i>Wood Frame</i>	23
Figura 6 – (a) Picador. (b) Bloco de madeira.....	29
Figura 7 – Painel OSB testemunha.	30
Figura 8 – (a) Picador. (b) Bloco de madeira.....	31
Figura 9 – Teste de flexão estática.	33
Figura 10 – Teste de tração perpendicular	35
Figura 11 – Gráfico de densidade	37
Figura 12 – Gráfico de teor de umidade	38
Figura 13 – Gráfico de inchamento	39
Figura 14 – Gráfico de módulo de ruptura paralelo	41
Figura 15 – Gráfico de módulo de elasticidade paralelo.....	42
Figura 16 – Gráfico de módulo de ruptura perpendicular	43
Figura 17 – Gráfico de módulo de elasticidade perpendicular.....	44
Figura 18 – Gráfico de adesão interna.	45

Lista de tabelas

Tabela 1 – OSB/1 – Uso interno, não estrutural, para uso em ambientes secos.	17
Tabela 2 – OSB/2 – Uso estrutural, para uso em ambientes secos	18
Tabela 3 – OSB/3 – Uso estrutural, em ambientes úmidos	18
Tabela 4 – OSB/4 – Uso severo, para uso estrutural em ambientes úmidos	19
Tabela 5 – Propriedades de adesivos.....	24
Tabela 6 – Médias de densidade	36
Tabela 7 – Médias de teor de umidade.....	37
Tabela 8 – Médias de inchamento	39
Tabela 9 – Médias do módulo de ruptura paralelo	40
Tabela 10 – Médias do módulo de elasticidade paralelo	41
Tabela 11 – Médias do módulo de ruptura perpendicular	43
Tabela 12 – Médias do módulo de elasticidade perpendicular	44
Tabela 13 – Médias de adesão interna.....	45
Tabela 14 – Classificação	46

Sumário

1	INTRODUÇÃO.	9
2	OBJETIVOS	11
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	12
3.1	PAINÉIS A BASE DE MADEIRA.....	12
3.1.1	PAINÉIS LAMINADOS	14
3.1.2	PAINÉIS DE FIBRAS	14
3.1.3	PAINÉIS DE PARTÍCULAS.....	15
3.2	OSB.....	16
3.2.1	DEFINIÇÃO	16
3.2.2	PROPRIEDADES DO OSB DE ACORDO COM (EN 300,2006)	17
3.2.3	PROCESSO PRODUTIVO INDUSTRIAL	20
3.2.4	PROPRIEDADES E APLICAÇÕES PARA O OSB.....	20
3.2.5	ADESIVOS PARA PAINÉIS DE MADEIRA	23
3.2.6	PRESERVAÇÃO E MÉTODOS UTILIZADOS.....	25
3.2.7	PAINÉIS À BASE DE MADEIRA SUBMETIDOS A TRATAMENTO	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1	MATERIAIS	28
4.2	MÉTODOS	28
4.2.1	PREPARAÇÃO DO MATERIAL.....	28
4.2.2	PRODUÇÃO DOS PAINÉIS	29
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS	31
4.3.1	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE	31
4.3.2	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE	32
4.3.3	DETERMINAÇÃO DO INCHAMENTO	32
4.3.4	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA.....	33
4.3.5	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PERPENDICULAR.....	34
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	RESULTADOS DOS TESTES FÍSICOS.....	36
5.1.1	DENSIDADE.....	36
5.1.2	TEOR DE UMIDADE	37
5.1.3	INCHAMENTO EM ESPESSURA	38

Sumário

5.2	RESULTADOS DOS TESTES MECÂNICOS	40
5.2.1	FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA.....	40
5.2.2	FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR.....	42
5.2.3	ADESÃO INTERNA.....	45
5.2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
6	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal tem apresentado crescimento há algumas décadas no Brasil, visto que o país tem uma grande área de florestas nativas e de reflorestamento. Como existem algumas espécies de rápido crescimento, o setor tem se desenvolvido e sendo estudado para melhores utilizações da madeira. Entre as espécies com maior potencial é possível citar o eucalipto e o pinus.

No contexto deste crescimento do setor, destacam-se os painéis à base de madeira que vem apresentando utilização em diversos setores como um material alternativo, como por exemplo no setor moveleiro e na construção civil. Os painéis de madeira muitas vezes conseguem substituir a madeira maciça sem perder suas propriedades físicas e mecânicas, garantindo uso mais racional da matéria-prima e melhor controle das propriedades do material.

O OSB (*Oriented Strand Board*) é um tipo de painel à base de madeira constituído de partículas de madeira do tipo strand em formato retangular, que são unidas com adição de resina e compactado através de prensa de alta pressão e calor. O OSB tem conquistado espaço no mercado uma vez que ele pode ser produzido a partir de toras com menor qualidade e valor comercial, o comprimento das toras não determina o tamanho dos painéis, visto que este é determinado a partir da tecnologia de produção. Sendo assim, é possível usar toras com menores diâmetros, conseguindo utilizar a tora quase em sua totalidade, como também a utilização de toras mais finas, galhadas ou com tortuosidade.

Este tipo de painel apresenta um bom comportamento estrutural, uma vez que as partículas formam três camadas cruzadas e isto garante melhor estabilidade dimensional além de garantir melhor distribuição dos esforços nas direções longitudinal e transversal. Desta forma, é amplamente usado em paredes, embalagens e suporte para piso e forros.

Em paralelo a isso, observa-se que a construção civil é um segmento industrial que ainda necessita de maior industrialização, de modo a racionalizar e agilizar o processo produtivo, como acontece em outros segmentos industriais. A industrialização da construção civil tem como objetivos principais aumentar a produtividade, diminuir custos de produção e reduzir o tempo de execução. Tais aspectos podem ser conseguidos através da racionalização de materiais, mão-de-obra, redução no tempo de serviços, modulação e padronização de projetos, além do uso de novas tecnologias.

Como destacado anteriormente o OSB, tem apresentado crescente aplicação, principalmente, na construção civil, com aplicação em sistemas construtivos leves.

No entanto, para garantir durabilidade compatível com os materiais tradicionalmente utilizados é necessário que se realize um tratamento preservativo nestes painéis, para evitar a biodeterioração, provocada por fungos ou insetos, muito comuns em países tropicais como o Brasil.

Visando melhorar a durabilidade dos painéis este trabalho teve como objetivo realizar o tratamento químico de painéis OSB com CCA (arseniato de cobre cromatado, ou cobre, cromo e arsênio) para avaliação das propriedades físicas e mecânicas do mesmo quando comparados a painéis sem tratamento, e assim, verificar se o tratamento químico ainda mantém as propriedades estruturais deste painel.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a influência nas propriedades físico-mecânicas de painéis OSB produzidos com madeira de pinus e resina melamina-formaldeído submetidos a tratamento químico com CCA após a prensagem.

Dentre os objetivos específicos pode-se destacar:

- a. Produzir painéis OSB submetidos a tratamento químico com CCA;
- b. Caracterizar fisicamente os painéis testemunha e painéis submetidos a tratamento químico;
- c. Caracterizar mecanicamente os painéis testemunha e painéis submetidos a tratamento químico;
- d. Avaliar o desempenho físico-mecânico dos painéis e comparar com documentos normativos e trabalhos correlatos encontrados na literatura.

3 REVISÃO DA LITERATURA

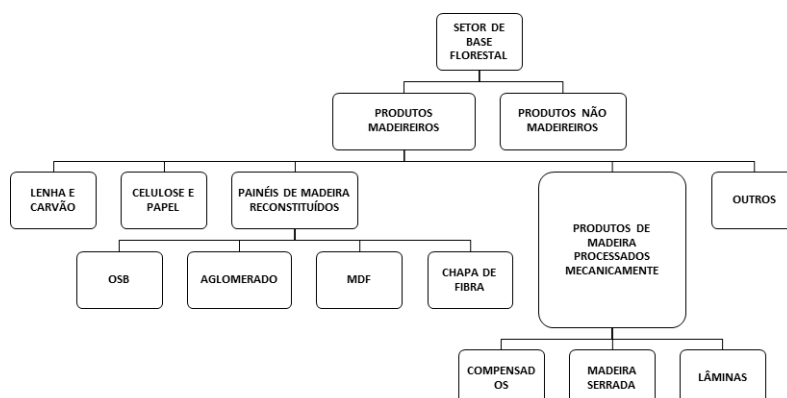
Nesta seção, a revisão da literatura apresentada procurou abranger alguns tópicos sobre painéis de madeira reconstituída, com ênfase em painéis OSB, processo produtivo industrial, suas aplicações, métodos de preservação da madeira e tratamentos químicos em painéis de madeira.

3.1 PAINÉIS A BASE DE MADEIRA

A produção de painéis de madeira tem sido uma alternativa para a substituição da madeira serrada em vários setores industriais, como o moveleiro e a construção civil. O setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB industrial no país (IBA,2017).

Os painéis à base de madeira são fabricados com madeiras laminadas ou em diversos estágios de desagregação, que são unidas por meio de resina, com a utilização de calor e pressão. Este tipo de produto substitui o uso de madeira maciça em diversos casos, como por exemplo, na fabricação de móveis, pisos ou vigas estruturais (MATTOS; GONÇALVES; LACERDA,2008). Ainda, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente ABIMCI(2014), o setor florestal é dividido em dois grupos, os madeireiros e não madeireiros. O primeiro grupo abrange os produtos de madeira processada mecanicamente, e dentre os produtos deste grupo é possível destacar a madeira serrada, lâminas, painéis de madeira, onde se insere o OSB e produtos de maior valor agregado. A Figura 1 apresenta os dois grupos do setor florestal, de acordo com a (ABIMCI,2014).

Figura 1 – Grupos do setor florestal de acordo com a ABIMCI.



Fonte – Adaptado de (ABIMCI,2014).

Houve uma crescente aplicação dos painéis de madeira, podendo-se destacar a utilização na construção civil e na indústria moveleira. Com esse crescimento é necessário o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis e racionais, que atendam às necessidades da indústria a qual se destina, visando também a durabilidade apresentada pelos materiais concorrentes. A crescente utilização dos painéis de madeira pode se dar pelo surgimento de novas tecnologias que permitem o uso diversificado da maneira mais racional, e também espécies de madeiras com crescimento rápido e dimensões reduzidas (BERTOLINI et al.,2014).

As florestas de *Pinus sp* são as mais utilizadas atualmente para o uso de painéis, no entanto, tem-se estudado as espécies de rápido crescimento com o intuito de aumentar a diversidade e quantidade de matéria-prima para o segmento, e também, melhorar a qualidade do produto final (TRIANOSKI et al.,2015)

O Brasil é destaque mundial na fabricação de painéis de madeira reconstituída a partir de árvores plantadas. Este fato se deve aos contínuos investimentos em tecnologia e automação das empresas e processos produtivos, além das melhores práticas e operações florestais. O país reúne número significativo de empresas de última geração que construíram versáteis e modernos parques industriais destinados à instalação tecnológica das plantas já existentes, à implantação de linhas contínuas de produção e aos novos processos de impressão, de impregnação, de revestimento e de pintura (IBA,2015).

3.1.1 PAINÉIS LAMINADOS

Dos tipos de painéis que compõem o grupo de laminados podem-se citar o compensado, o CLT (Cross Laminated Timber), o EGP (Edge Glued Panel) e o LVL (Laminated Veneer Lumber).

De acordo com a ABIMCI (2008) o compensado é um painel de lâminas sobrepostas entre si com orientação perpendicular, geralmente com número ímpar de lâminas. Estas são unidas através de resina sintética, pressão e calor. A importância da utilização de número ímpar de lâminas é a madeira ser anisotrópica, isto é, possui diferentes propriedades em relação aos seus três sentidos, perpendicular, tangencial e radial (THOEMEN, 2010).

O CLT é formado por lâminas de madeira de grandes dimensões e de espécies de madeiras resinosas. As lâminas são dispostas transversalmente entre si num ângulo de 90° e em número ímpar de camadas e juntadas com resina, pressão e calor. Este tipo de painel pode conter várias dimensões, e conforme estas dimensões permitem sua aplicação como elementos de parede e pisos de grande porte, bem como para outros elementos estruturais (BRANDNER et al., 2013).

O EGP é constituído de peças de sarrafos de madeira coladas lateralmente formando um painel. As uniões dos sarrafos podem ser feitas pelo topo, que variam entre reta ou *finger joint*. Os sarrafos devem passar por um processo de padronização, para que tenham as mesmas dimensões (FACCIO, 2012).

O LVL é confeccionado com lâminas de pequena espessura que são sobrepostas em camadas e unidas com o auxílio de resina. As faces são orientadas com a direção da grã paralela umas às outras. O LVL apresenta boa resistência à flexão longitudinal, como por exemplo a utilização para vigas (MÜLLER et al., 2015).

3.1.2 PAINÉIS DE FIBRAS

No grupo dos painéis de fibras de madeira pode-se destacar as chapas isolantes e chapa dura produzidas pelo processo úmido, e os painéis MDF e HDF produzidos pelo processo seco.

Os painéis de fibras se caracterizam como um produto de estrutura homogênea e isotrópica, devido ao seu processo de produção. A utilização de fibras de madeira individualizadas e sua deposição de forma aleatória ao plano da chapa garante ao produto final vantagens em termos de homogeneidade e das propriedades. As fibras individualizadas têm adesão primária através do entrelaçamento das fibras e pelas propriedades adesivas de componentes químicos da madeira, como a lignina (IWAKIRI et al., 2005).

A chapa isolante é um painel que possui baixa densidade. Este tipo de painel é produzido pelo processo úmido e não ocorre a prensagem, e são classificados como duas faces com marca de tela e nenhuma face lisa, ou seja, S-0-S (IWAKIRI et al., 2005).

Chapa dura possui densidade acima de $0,9 \text{ g/cm}^3$, e é fabricado a partir de fibras de madeira por processo úmido, com a utilização de calor e pressão. Tem grande utilização em portas, divisórias e moveis (ABIPA, 2014).

O MDF (*Medium Density Fiberboard*) é um painel de média densidade, com densidade entre $0,50$ e $0,85 \text{ g/cm}^3$ e espessuras que variam entre 3 a 60 mm. Este tipo de painel apresenta grande vantagem de usinabilidade, tanto nas faces quanto nas bordas. Devido a sua superfície ser lisa este oferece melhor condição de acabamento superficial. O MDF apresenta maior ligação interna e resistência ao arranque de parafusos (IWAKIRI et al., 2005).

O HDF (*High Density Fiberboard*) é um painel de alta densidade, cujas fibras são aglutinadas e compactadas com resina sintética, com alta pressão e calor, produzidas em prensa contínua. Possui superfícies uniformes, lisas e geralmente de espessuras finas. Tem grande utilização em moveis residenciais e corporativos em fundo de armários e gavetas e utilizado também para embalagens de diversos tipos de produtos (IBA, 2015).

3.1.3 PAINÉIS DE PARTÍCULAS

No grupo dos painéis particulados de madeira pode-se destacar o MDP e o OSB.

De acordo com o IBA (2015) o MDP (*Medium Density Particleboard*) é um painel de madeira reconstituída. As partículas maiores são posicionadas no centro do painel e as partículas menores são colocadas nas extremidades, formando três camadas. As partículas são aglutinadas e compactadas com o auxílio de resina sintética e com a ação de calor e pressão de prensa. Como característica do painel é possível observar que este é homogêneo e possui boa estabilidade dimensional, tendo boa resistência à flexão e ao arranque de parafusos. O MDP tem maior utilização no setor de móveis, como por exemplo armários e prateleiras, sendo também empregado na indústria de pisos (VALLE et al., 2013).

O próximo item abordará com mais detalhes definições e processo produtivo do OSB que é objeto de estudo desta pesquisa.

3.2 OSB

A madeira tem sido um material alternativo usado na construção, devido ao seu rápido crescimento. Porém, a madeira pode apresentar muitos defeitos em sua forma maciça, como por exemplo nós, divisões e descontinuidades das grãos. Estes defeitos podem ser críticos dependendo da sua utilização. Para a minimização destes problemas foi proposto que espalhasse esses defeitos ao longo de um número de camadas ou partículas de modo que diminuísse os riscos de um problema na seção transversal. Como resultado um material com propriedades aprimoradas e menos variáveis foi desenvolvido, o OSB (*oriented strand board*) (COLLINS; COSGROVE; MELLAD,2017).

De acordo comPOPOVICI et al.(2012) os painéis de lascas de madeira orientadas, o OSB, é um dos painéis mais usados no mundo, principalmente, em setores de embalagens e construção. Sua participação no mercado tem ganhado espaço devido às suas excelentes propriedades mecânicas.

O OSB foi desenvolvido com o intuito de substituir o painel de madeira compensada. Entretanto, sua propriedade de flexão estática muitas vezes são inferiores ao do painel de madeira compensada. (SOUZA,2012).

3.2.1 DEFINIÇÃO

O OSB é um painel fabricado de forma semelhante ao compensado, para criar um painel forte e resistente. O OSB é composto por tiras de madeira em formato retangular dispostos em camadas com ângulos retos entre si, que são depositados em esteiras que formam o painel. A colagem deste painel muitas vezes é feita com resina resistente à água. Alguns painéis também são tratados com um vedante nas bordas para protege-lo contra a penetração de umidade durante o seu transporte. Como acabamento, os painéis também podem ser texturizados em pelo menos um lado para adquirir uma superfície antiderrapante (APA,2017).

De acordo comAlldritt, Sinha e Miller(2014), o OSB é um painel fabricado a partir da colagem das lascas de madeira com adesivo, calor e alta pressão. As tiras de madeira são colocadas em um tambor rotativo, para que o adesivo seja aplicado nas lascas e então, são orientados de diferentes maneiras, como por exemplo orientações entre as camadas de 0/90° e 45/-45°.

O OSB é um material usado em construções. Em relação ao seu custo-benefício e sustentabilidade, o OSB tem sido amplamente utilizado como painel de uso estrutural (SIP – *Structural Insulated Panel*) e, é geralmente usado em edifícios como paredes e telhados. Durante a sua vida útil, esse painel pode suportar várias cargas dinâmicas, como o impacto de detritos transportados pelo vento (MENG et al.,2017).

De acordo com Iwakiri et al. (2005) os *strands* ou lascas de madeira, devem ser produzidas de modo que possuam dimensões de 90 a 150mm de comprimento, aproximadamente 25mm de largura e espessura de 0,50 a 0,75mm. A geometria das partículas tem influência direta sobre a produção e características dos painéis OSB, como por exemplo, a área superficial específica, a razão de planicidade e o índice de esbeltez (MALONEY, 1993). O índice de esbeltez é um parâmetro importante na característica dos painéis, como por exemplo, a área de contato das partículas, o consumo de adesivo e as propriedades mecânicas dos painéis (HELLMEISTER, 2017).

Uma quantidade elevada de finos para a produção de painéis OSB podem aumentar o consumo de adesivo e prejudica a qualidade do painel, diminuindo a adesão interna entre as camadas do painel (FERRO, 2013). Ainda de acordo com Ferro (2013) painéis que são produzidos com partículas mais curtas e espessas podem garantir melhor resistência a tração perpendicular ou adesão interna aos painéis.

3.2.2 PROPRIEDADES DO OSB DE ACORDO COM (EN 300, 2006)

A norma europeia EN 300 (2006) – *Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications* classifica os painéis de OSB em 4 classes de uso, especificando as mínimas propriedades físico-mecânicas que os painéis devem conter.

De acordo com a norma:

Tabela 1 – OSB/1 – Uso interno, não estrutural, para uso em ambientes secos.

OSB tipo 1	Método de Ensaio	Unidade	Requisitos Espessura nominal (mm)		
			6 a 10	>10 e <18	18 a 25
Propriedade					
Resistência à flexão longitudinal	EN 310	N/mm ²	20	18	16
Resistência à flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	10	9	8
Módulo de Elasticidade na flexão Longitudinal	EN 310	N/mm ²	2500	2500	2500
Módulo de Elasticidade na flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	1200	1200	1200
Resistência à tração Perpendicular	EN 319	N/mm ²	0,30	0,28	0,26
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	25	25	25

Fonte – adaptado de (EN 300, 2006)

Tabela 2 – OSB/2 – Uso estrutural, para uso em ambientes secos.

OSB tipo 2	Método de Ensaio	Unidade	Requisitos Espessura nominal (mm)		
			6 a 10	>10 e <18	18 a 25
Propriedade					
Resistência à flexão longitudinal	EN 310	N/mm ²	22	20	18
Resistência à flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	11	10	9
Módulo de Elasticidade na flexão Longitudinal	EN 310	N/mm ²	3500	3500	3500
Módulo de Elasticidade na flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	1400	1400	1400
Resistência à tração Perpendicular	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	20	20	20

Fonte – adaptado de (EN 300,2006)

Tabela 3 – OSB/3 – Uso estrutural, em ambientes úmidos.

OSB tipo 3	Método de Ensaio	Unidade	Requisitos Espessura nominal (mm)		
			6 a 10	>10 e <18	18 a 25
Propriedade					
Resistência à flexão longitudinal	EN 310	N/mm ²	22	20	18
Resistência à flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	11	10	9
Módulo de Elasticidade na flexão Longitudinal	EN 310	N/mm ²	3500	3500	3500
Módulo de Elasticidade na flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	1400	1400	1400
Resistência à tração Perpendicular	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	15	15	15

Fonte – adaptado de (EN 300,2006)

Tabela 4 – OSB/4 – Uso severo, para uso estrutural em ambientes úmidos.

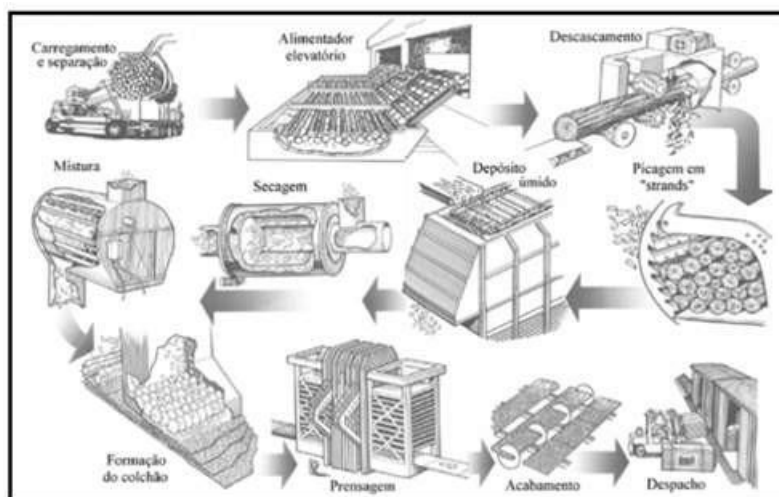
OSB tipo 4 Propriedade	Método de Ensaio	Unidade	Requisitos Espessura nominal (mm)		
			6 a 10	>10 e <18	18 a 25
Resistência à flexão longitudinal	EN 310	N/mm ²	30	28	26
Resistência à flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	16	15	14
Módulo de Elasticidade na flexão Longitudinal	EN 310	N/mm ²	4800	4800	4800
Módulo de Elasticidade na flexão Transversal	EN 310	N/mm ²	1900	1900	1900
Resistência à tração Perpendicular	EN 319	N/mm ²	0,50	0,45	0,40
Inchamento em espessura (24h)	EN 317	%	12	12	12

Fonte – adaptado de (EN 300,2006)

3.2.3 PROCESSO PRODUTIVO INDUSTRIAL

O processo produtivo refere-se à etapa de produção dos painéis OSB, desde a conversão de toras até o momento do acondicionamento dos painéis. A Figura 2 apresenta o processo produtivo do OSB.

Figura 2 – Processo produtivo de OSB.



Fonte – Mendes, 2001 apud (FERRO,2013)

O processo produtivo inicia-se pelo acondicionamento das toras em tanques de água com o intuito de amolecer a madeira, e assim, reduzir o consumo de energia e geração de finos no processo de geração de partículas. As toras são descascadas geralmente em descascadores do tipo anel e tambor, e então, seguem para o processo de geração de partículas (ALBUQUERQUE e MENDES, 2003 apud (FERRO,2013)).

Conforme aBrasil(2012), as tiras são secas conforme a especificação da resina a ser utilizada, em seguida, são classificadas por granulometria e misturadas com a resina e aditivos. Após a mistura entre as lascas e os demais componentes, ocorre a formação do colchão em camadas orientadas. O colchão formado passa pela prensa contínua onde recebe pressão e altas temperaturas, e então na saída os painéis são cortados conforme o tamanho comercial.

3.2.4 PROPRIEDADES E APLICAÇÕES PARA O OSB

O OSB embora seja também utilizado para a fabricação de móveis, é mais comumente utilizado como painel decorativo, em embalagens e na construção civil, setor em que concorre com os compensados na utilização de formas de concreto e tapumes (MATTOS; GONÇALVES; LACERDA,2008)

Os painéis OSB possuem uma gama de empregos, dentre elas, a principal é na construção civil, em aplicações decorativas e estruturais (NASCIMENTO; MORALES, 2008)

O OSB é mais comumente utilizado para aplicações como revestimento para telhados e paredes, sub-pisos e pisos de camada única. Sua boa performance permitiu que as chapas de OSB ganhasse espaço no mercado em diversas áreas, como por exemplo painéis isolados estruturais, juntas do tipo I, móveis, e uma variedade de projetos do tipo “faça você mesmo” (APA,2017). A Figura3apresenta algumas utilizações do OSB em diversas áreas.

Figura 3 – Utilização de painéis OSB.



Fonte – (APA,2017).

De acordo com aBrasil(2012), empresa fabricante de painéis de lascas de madeiras orientadas, os painéis de OSB produzidos com alta tecnologia podem ser utilizados como contraventamento de paredes, lajes e coberturas. Segundo a empresa, o OSB é prático e resistente a ponto de em alguns casos ser dispensado a utilização de fitas e barras de contraventamento. Além disso, é utilizado como reforço para paredes de Drywall, permitindo a fixação de cargas suspensas em qualquer ponto da parede.

A introdução de novas tecnologias na fabricação de painéis de madeira reconstituída apresenta novas perspectivas de mercado para este produto, fazendo com que ocorra uma agregação de valor a estes produtos. Muitos desses componentes estruturais das vigas em “I”, como as chapas OSB, tem sido utilizadas como tapumes de obras de construção civil (SANTOS,2008).

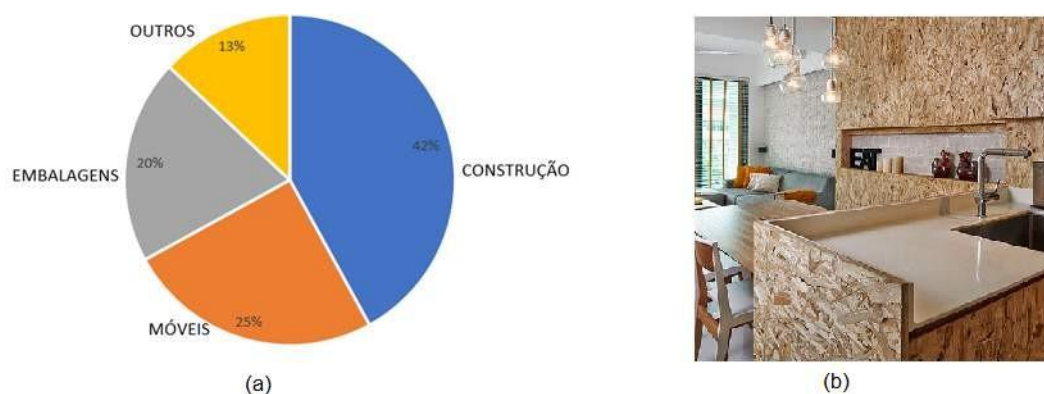
O OSB é um painel que possui diversas aplicações, dentre elas a aplicação em estruturas, desde pisos, forros até componentes estruturais como paredes e vigas, também são utilizados para embalagens. O OSB possui essa gama de utilização devido as suas características de resistência mecânica e boa estabilidade dimensional, competindo diretamente com os painéis de compensados (REMADE,2018).

A utilização dos painéis OSB pode ser feita em quase todos os usos tradicionais de painéis de partículas e compensados. Os principais usos do OSB são em forros para telhados, base para paredes e pisos, embalagens, pallets, estandes de exposições,

armações para moveis, painéis de paredes para decoração, tapumes e divisórias, formas para concreto, painéis de apoio estrutural, alma para vigas em “I”, entre outros (GORSKI et al.,2015).

A Figura4(a) apresenta a estatística de utilização do OSB segundo a (ABIPA, 2014) e (b) um exemplo de utilização para painéis OSB.

Figura 4 – Dados da utilização de painéis OSB.



Fonte – (a) Adaptado de (ABIPA,2014). (b) (HABITISSIMO,)

O mercado da construção civil, tanto no sistema tradicional, em alvenaria, como no sistema a seco, apresenta um potencial de consumo de OSB. Além da utilização para fechamento de paredes, a Masisa até 2007 desenvolveu produtos para utilização em confecção de fôrmas de concreto, com diferencial na durabilidade do produto e no tipo de acabamento proporcionado (IBA,2015).

O OSB também é utilizado em estrutura leve de madeira, conhecida como *Wood Frame*, que é o método predominante de construções nos Estados Unidos. É um método econômico e possui um ótimo isolamento térmico (SOUZA,2013).

Figura 5 – *Wood Frame*.

Fonte – (BRAZIL,2017)

3.2.5 ADESIVOS PARA PAINÉIS DE MADEIRA

Os adesivos mais empregados para a colagem de painéis são o fenol-formaldeído (FF), a melamina-formaldeído (MF) e melamina-ureia-formaldeído (MUF), o resorcinol-formaldeído (RF) e a uréia-formaldeído (UF) (CESAR,2011).

Os adesivos sintéticos podem ser classificados de duas formas, sendo os termofixos, que endurecem pela ação do calor ou catalisadores sendo a cura deste adesivo irreversível, dentre as resinas termofixas pode-se citar a ureia-formaldeído e fenol-formaldeído. O outro grupo de resina são os termoplásticos, sendo estes com cura reversível, e como exemplo pode-se citar o polietileno e a borracha sintética (FILHO, 2009).

As indústrias de painéis de partículas têm utilizado as resinas fenol-formaldeído e melamina-formaldeído em painéis a serem empregados em ambientes úmido e para uso estrutural, e a ureia-formaldeído para painéis não estruturais de uso interno. Com o intuito de melhor utilização das resinas e diminuição do custo, alguns fabricantes fazem a produção de resinas mistas, como, por exemplo, melamina-ureia-formaldeído (HELLMEISTER,2017).

A utilização de resina sintética para a produção de painéis à base de madeira em escala industrial se dá pelo emprego dos adesivos fenólicos e uréicos. Mas algumas empresas têm priorizado adesivos mais baratos e menos tóxicos, com isto, há a possibilidade de utilização de adesivos naturais que podem substituir os adesivos sintéticos, como por exemplo o tanino, obtido a partir da casca ou da madeira de algumas espécies florestais (BALDIN et al.,2016).

De acordo com Carvalho et al. (2016) o teor de sólidos dos adesivos está relacionado com a porcentagem de sítios reativos com o agente ligante. Quanto maior o teor de sólidos presente no adesivo, maior a tendência de uma linha de cola mais resistente. No entanto, um teor de sólidos muito alto, pode causar um aumento na viscosidade do adesivo, o que resulta em prejuízo da aplicação do adesivo por aspersão, bem como para espalhar e penetrar o adesivo na madeira.

Resinas com baixa viscosidade apresentam melhor espalhamento na superfície da madeira, devido à sua fluidez, o que facilita a penetração do adesivo e a absorção pela madeira, entretanto, adesivos com viscosidade extremamente baixas podem resultar em um problema na linha de cola, denominado faminta, o que causa quantidade insuficiente de adesivo na linha de cola (BIANCHE et al., 2017).

O adesivo é constituído de sólidos e líquidos voláteis. O teor de sólido é compreendido como a quantidade de substâncias sólidas contidas no adesivo. A cura do adesivo se dá pela evaporação dos líquidos e os sólidos formam a linha de cola (IWAKIRI et al., 2005).

O tempo de gelatinização ou gel time é o tempo entre a preparação do adesivo até a cura do mesmo, este tempo tem influência sobre o tempo de prensagem (IWAKIRI et al., 2005).

(BIANCHE et al., 2017) apresentou a propriedade de algumas resinas sintéticas, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Propriedades de adesivos.

Propriedades				
Adesivo	Densidade (g/ml)	pH (25 °C)	Teor de sólidos (%)	Viscosidade (Cp)
UF *	1,39	8,03	64,26	724,182
MUF **	1,33	9,70	67,40	10,861

* Uréia-formaldeído; ** Melamina Uréia-formaldeído.

Fonte Adaptado de (BIANCHE et al., 2017)

Conforme Borges et al. (2017) a utilização de adesivos sintéticos causou uma grande revolução na civilização, porém, é um problema devido a sua matéria-prima, uma vez que são utilizados derivados de petróleo em sua produção. Além de ecologicamente incorreto, também é uma matéria-prima que está se tornando mais escassa. Algumas pesquisas têm sido realizadas para a substituição de matéria-prima não renovável por matéria-prima renovável, como por exemplo, o óleo de mamona, silicatos e os taninos, provenientes de fontes renováveis. Porém, o problema que se enfrenta para a substituição da resina é sua produção em escala industrial, principalmente em relação ao custo e à eficiência.

A exposição ao formaldeído pode causar irritações às membranas mucosas

dos olhos, nariz, cavidade nasal, faringe e laringe, como também pode causar sonolência, náusea, cefaleias e irritação cutânea se a exposição for de longa duração ou ocorrer frequentemente. Em níveis muito elevados a exposição ao formaldeído pode causar problemas maiores que estão associados aos riscos de câncer, mutagênicos ou teratogênicos (VIEIRA et al.,2013).

3.2.6 PRESERVAÇÃO E MÉTODOS UTILIZADOS

A preservação da madeira é uma técnica que tem como objetivo aumentar a vida útil da madeira em uso. A definição do produto e processo depende das condições utilizadas e do tipo de madeira. A madeira em uso pode estar sujeita aos mais diversos ataques que a deterioram, desde agentes químicos, físicos e biológicos. Entre os agentes físicos pode-se citar a ação combinada de raios ultravioletas (UV) e a umidade que causam deterioração superficial da madeira, conhecida como intemperismo. A madeira atacada torna-se rugosa e com microfissuras, de superfície acinzentada comprometendo o aspecto. Os agentes biológicos podem ser separados em três grandes grupos, entre eles os fungos, que podem ser superficiais, causadores de bolores e manchas e os fungos apodrecedores, que deterioram as paredes celulares da madeira. Outro grupo são os insetos, que utilizam a madeira como fonte de alimento, entre eles, estão as brocas (Coleoptera), e os cupins (Isoptera). Também é possível citar os perfuradores marinhos, quais deterioram às embarcações e estruturas contruídas em madeira na faixa costeira (MADEIRA,2018).

De acordo com Galvão, Magalhães e Mattos(2004), é economicamente possível proteger a madeira contra cupins, apodrecimento e manchas. A utilização de técnicas preservativas permite também a solução do problema de falta de madeira durável nas propriedades agrícolas. Dessa forma, a madeira de eucalipto tratada pode ser usada como mourões, palanques e postes sem a necessidade de trocas ou reparos frequentes.

Conforme Moreschi(2013), em cada ambiente em que a madeira é utilizada ocorre diversas combinações de organismos que podem atacá-la simultaneamente. As bactérias atacam a madeira úmida, o que ocorre ainda quando a madeira é recém cortada, ainda na forma de tora, ou em forma de peças após o estágio do primeiro processo industrial, que a madeira possa estar submersa em água ou por alguma razão adquira umidade. Outro deteriorador da madeira são os fungos, que atacam a madeira em maiores proporções. As condições climáticas mais quentes são mais favoráveis para o aparecimento e desenvolvimento de fungos.

Quando não é possível realizar modificações nas condições que favorecem o aparecimento e desenvolvimento de fungos, como diminuir a umidade da madeira, são necessários tratamentos preservativos. Os tratamentos preservativos podem ser reali-

zados com produtos químicos introduzidos dentro da sua estrutura, tornando-a tóxica para fungos e insetos xilófagos. No entanto, para que um produto seja considerado um preservativo, uma vez aplicado este deve penetrar-se profundamente na madeira, e não se evaporar nem ser retirado da madeira pela ação de águas da chuva ou umidade do solo. O preservante também não deve ser tóxico à animais domésticos nem ao ser humano (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS,2004).

Apesar de conter várias vantagens, a madeira apresenta alterações indesejáveis em sua estrutura que podem ser causadas por agentes físicos, químicos e biológicos, principalmente, quando a madeira está em contato direto com umidade. Este problema pode ser minimizado com a utilização de preservantes na madeira, e dentre os preservantes mais utilizados está o CCA (Arseniato de cobre cromatado) e também é um dos mais eficientes quando se trata da podridão por fungos e da deterioração da madeira por insetos e xilófagos marinhos. No Brasil o CCA é muito utilizado em tratamento industrial, moirões, postes de eletrificação e dormentes para ferrovias (VALLE et al., 2013).

A preservação da madeira pode ser feita através de dois métodos, sendo eles: processo com pressão, no qual a madeira é submetida em recipientes fechados sob altas pressões e processo sem pressão, que pode ser pincelamento, pulverização ou imersão (LEBOW,2010).

ConformeGalvão, Magalhães e Mattos(2004), o CCA é o preservativo de maior utilização mundial. Existem três fórmulas, sendo A, B e C. O tipo C é o mais utilizado por apresentar melhor resistência à lixiviação e melhor desempenho no campo. Quando aplicado à madeira, os principais componentes desta formula reagem com os carboidratos, lignina e extrativos, tornando-o insolúvel.

Outra forma mais recente para a preservação da madeira que vem sendo utilizada com sucesso é a termorretificação. A termorretificação é uma forma de tratamento térmico, que consiste em aplicar temperaturas entre 100 e 250^aC à madeira ou produtos derivados, dependendo da modificação que se pretende realizar. O resultado da termorretificação é um produto sólido que apresenta características diferenciadas se comparada com a madeira sem tratamentos (SILVA,).

3.2.7 PAINÉIS À BASE DE MADEIRA SUBMETIDOS A TRATAMENTO

De acordo comGalvão, Magalhães e Mattos(2004) os preservativos CCA (Arseniato de cobre cromatado) e CCB (Borato de cobre cromatado) são os mais utilizados para o tratamento químico de madeiras e derivados, sendo que quando aplicados reagem com a madeira tornando-se insolúvel e eficaz contra a ação de agentes biodegradantes. ConformeMendes et al.(2013), embora esses preservativos

possam aumentar a durabilidade da madeira e seus derivados é necessário cumprir alguns requisitos como por exemplo o baixo impacto ambiental, baixa toxicidade aos seres humanos e animais domésticos e alto poder de fixação, além de não prejudicar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

De acordo com Ferreira et al.(2017), o tratamento térmico pode diminuir a higroscopicidade dos painéis, não comprometendo as propriedades mecânicas, o que indica uma melhora na estabilidade dimensional do painel de forma similar ao que verifica-se em painéis submetidos a tratamento químico com CCA. Ainda de acordo com Ferreira et al.(2017) o tratamento químico com CCA aumentou o teor de umidade dos painéis e comprometeu a resistência mecânica dos mesmos.

Painéis de partículas com rejeitos de *Pinus* sp. tratado com CCA empregando resina poliuretana à base de mamona mostraram-se com resultados satisfatórios em suas propriedades físicas e mecânicas (BERTOLINI et al.,2014).

Conforme Farinassi et al.(2014), painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com CCA e CCB mostram-se altamente resistente ao fungo *Trametes versicolor*. Quanto ao fungo *Gkeophyllum trabeum* o tratamento de CCA proporcionou melhor resistência a biodeterioração quando comparado ao CCB.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a realização do trabalho estão descritos abaixo, assim como também a metodologia nas etapas de produção e caracterização.

4.1 MATERIAIS

Os insumos utilizados na parte experimental do trabalho foram:

- Bloco de madeira *Pinus taeda*;
- Água;
- Catalisador - sulfato de amônia com teor de sólidos de 20%;
- Resina melamina-formaldeído com teor de sólidos de 66%;
- Emulsão de parafina com teor de sólidos de 57%.

Os equipamentos necessários para a produção de painéis OSB encontram-se disponíveis no laboratório de Painéis e Secagem da Madeira do Campus da UNESP – Itapeva. Dentre os equipamentos, estão:

- Picador de disco da marca Marconi modelo MA 685.
- Estufa de secagem da marca Marconi modelo MA 033;
- Encoladeira de partículas da marca Marconi modelo MA 686;
- Caixa para a formação do colchão;
- Pré-prensa mecânica da Ribeira modelo P15T;
- Prensa hidráulica termo aquecida da marca Hidral-Mac com capacidade de carga de 80 toneladas.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Para a formação das lascas de madeira foi utilizado o picador disponível no Laboratório de Painéis – Câmpus de Itapeva, de maneira que os blocos de madeira foram imersos em água por 24 horas para facilitar o corte e, então, realizada a transformação em lascas no picador de disco, conforme a Figura 6.

Figura 6 – (a) Picador. (b) Bloco de madeira.



(a)



(b)

Fonte – Autoria própria.

Em seguida, as lascas foram dispostas em lona plástica por 7 dias em temperatura ambiente para que o teor de umidade inicial fosse reduzido. E então, as lascas foram dispostas em bandejas e levadas à estufa de secagem, onde ficaram a temperatura de 103 C até atingir o teor de umidade de aproximadamente 3%, o que ocorreu após 24 horas.

4.2.2 PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

Após a secagem, foram produzidos 8 painéis de OSB, sendo 4 painéis testemunha e 4 painéis submetidos ao tratamento químico com CCA.

A produção dos painéis iniciou-se pela aspersão de uma mistura contendo água, resina, emulsão de parafina e catalisador nas lascas de madeira, que foram pulverizados na encoladeira tipo tambor rotativo. Foi realizado o cálculo necessário para obter a quantidade necessária de cada um dos componentes supracitados para uma quantidade de 1800g de lascas de madeira, dispostas em 3 camadas nas proporções 20:60:20. Nas dimensões de 42 cm x 42 cm e espessura de 16 mm.

Após o processo de encolagem, com o auxílio da caixa formadora e um orientador de partículas de madeira para auxiliar na orientação das lascas o material foi disposto em camadas. Após a distribuição das lascas, estas formaram um colchão, o qual foi levado à pré-prensa onde foi prensado por um período de 10 minutos à pressão de 0,3 MPa, com o intuito de reduzir o volume do colchão que posteriormente foi encaminhado à prensa hidráulica, onde ocorre a transferência de calor.

Na sequência, o colchão foi colocado na prensa hidráulica, onde foi prensado durante 3 ciclos de 180 segundos cada e, ocorreu um alívio de pressão entre os ciclos de 30 segundos. A pressão aplicada pela prensa foi de 4,0 MPa. A temperatura da prensa foi ajustada em um valor próximo de 170° C, garantindo a cura da resina melamina-formaldeído.

Após a prensagem as chapas foram acondicionadas, e identificadas para que posteriormente fosse possível realizar o tratamento químico com CCA e a retirada dos corpos de prova. As chapas testemunha não passaram por tratamento, ou seja, após o condicionamento das mesmas, estas já estavam prontas para a retirada dos corpos de prova.

Figura 7 – Painel OSB testemunha.



Fonte – Autoria própria.

O processo de tratamento químico dos painéis foi realizado em autoclave industrial - método de célula cheia-, no Laboratório de Preservação e Tratamento da madeira, no campus da Unesp de Itapeva-SP, com diâmetro de 0,80 metros e comprimento de 3 metros. Para o tratamento utilizou-se preservativo Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), tipo C, com 2% de ingredientes ativos. Durante o tratamento foi aplicado um vácuo inicial a 560 mmHg por um período de 30 minutos, e, em seguida, foi inserida a solução preservante e aplicada pressão de 12kgf/cm² por 90 minutos. Na sequência, foi aplicado vácuo também a 560 mmHg, por 15 minutos, finalizando o processo. A Figura 8 ilustra a autoclave utilizada no processo.

Figura 8 – (a) Picador. (b) Bloco de madeira.



Fonte – Autoria própria.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS

Após a produção dos painéis, realizou-se os testes físicos e mecânicos. Os testes físicos contaram com o teste de densidade, teor de umidade, absorção e inchamento. Os testes mecânicos foram de resistência à flexão estática paralela e perpendicular às fibras para a determinação de MOE e MOR e o teste de adesão interna. Todos os testes foram baseados em documentos normativos europeus, visto que não existe norma brasileira para a caracterização de painéis OSB.

4.3.1 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

A determinação da densidade foi realizada de acordo com a (EN 323,1993), qual especifica que os corpos de provas devem ter dimensões de 50 x 50 mm. Inicialmente, após obtido os corpos de prova, estes foram identificados, pesados, e então realizou-se a medição da espessura com o auxílio de um micrômetro, e a largura e o comprimento foram medidos com o paquímetro. A densidade foi calculada a partir da Equação 1, onde a densidade é obtida em kg/m³.

$$D = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \quad (1)$$

Onde:

D é a densidade do corpo de prova (kg/m³);

m é a massa do corpo de prova (g);

b1 e b2 são as dimensões do corpo de prova (mm);

t é a espessura do corpo de prova (mm).

4.3.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade foi determinado conforme a (EN 322,1993), qual especifica que a massa inicial mínima deve ser de no mínimo 20g e o tamanho não tem importância em relação ao teste. Os corpos de prova foram identificados, pesados e inseridos em uma estufa com temperatura de 103 +/- 2°C até que a massa constante fosse alcançada, sendo esta definida quando em um intervalo de 6 horas não tem diferença maior que 0,1% da massa. Após a massa constante alcançada, realizou-se a pesagem dos corpos de prova e então, determinado o teor de umidade de acordo com a Equação 2:

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \quad (2)$$

Onde:

H é o teor de umidade do corpo de prova (%);

m_H é a massa inicial do corpo de prova (g);

m_0 é a massa final do corpo de prova (g).

4.3.3 DETERMINAÇÃO DO INCHAMENTO

A determinação do inchamento foi realizada a partir da norma (EN 317,1993), que especifica as dimensões do corpo de prova sendo 50 x 50 mm. Os corpos de prova foram identificados, medido a espessura e imersos em água por um período de 24 horas. A água deve ter o pH 7 +/- 1 e a temperatura foi mantida constante. A imersão foi ser realizada separadamente entre os corpos de prova testemunha e os tratados. Após o tempo decorrido, a espessura dos corpos de prova foram novamente medidos. O inchamento foi determinado a partir da Equação 3:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \quad (3)$$

Onde:

G_t é o inchamento do corpo de prova (%);

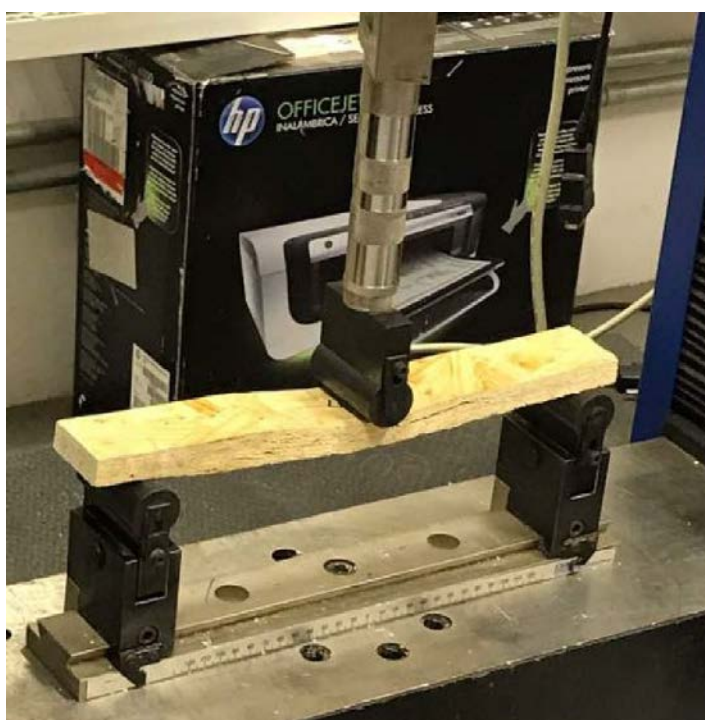
t_1 é a espessura do corpo de prova antes da imersão (mm);

t_2 é a espessura do corpo de prova depois da imersão (mm).

4.3.4 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA

A determinação do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) foram realizadas conforme a (EN 310,1993). Qual exemplifica que o corpo de prova deve possuir formato retangular, e dimensões de largura igual a 50 mm, o comprimento (l₂) deve ser igual a 20 vezes a espessura nominal mais 50 mm, e com um comprimento máximo de 1050 mm e um mínimo de 150 mm. Os corpos de prova foram identificados, medidos e então submetidos ao ensaio de flexão estática na maquina universal de ensaios (EMIC) conforme a Figura9. A partir dos valores retornados pelo equipamento foi possível determinar o MOE e o MOR com a Equação 4 e Equação 5, respectivamente:

Figura 9 – Teste de flexão estática.



Fonte – Autoria própria.

$$MOE = \frac{P_1 \cdot D^3}{4 \cdot d \cdot B \cdot D^3} \quad (4)$$

Onde:

MOE é o módulo de elasticidade (N/mm²);

P₁ é a carga no limite proporcional (N);

D é a distância entre apoios do aparelho (mm);

d é a deflexão correspondente à carga P₁ (N);

B é a largura do corpo de prova (mm);

D é a espessura do corpo de prova (mm)

$$MOR = \frac{3.P.D}{2.B.E^2} \quad (5)$$

Onde:

MOR é o módulo de resistência à flexão estática (N/mm²);

P é a carga de ruptura (N);

D é a distância entre apoios do aparelho (mm);

B é a largura do corpo de prova (mm);

E é a espessura do corpo de prova;

4.3.5 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PERPENDICULAR

A determinação da resistência à tração perpendicular, ou seja, adesão interna foi determinada de acordo com a (EN 319,1993). O corpo de prova deve conter as dimensões de 50 x 50 mm. Os corpos de prova foram identificados, medidos e posicionados no equipamento apropriado para o ensaio, denominado sapata, e submetidos a esforços de tração na máquina universal de ensaios (EMIC) conforme a Figura 10a uma taxa constante de movimento, e a carga foi ajustada de modo que a carga máxima fosse atingida, com 60 +/-30 segundos. Após o ensaio foi possível obter a resistência perpendicular à tração com os valores retornados pelo equipamento, através da Equação 6:

Figura 10 – Teste de tração perpendicular.



Fonte – Autoria própria.

$$AI = \frac{F_{max}}{S} \quad (6)$$

Onde:

AI é a adesão interna (N/mm² ou MPa);

F_{max} é a carga de ruptura (N);

S é a superfície do corpo de prova (mm²).

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental consistiu de um fator com dois níveis, sendo eles: painel sem tratamento e painel tratado com CCA. Foi realizado um teste de hipótese através do teste t-Student não pareado com um nível de significância de 5%, para analisar a diferença entre as médias dos dois níveis supracitados. Foi também realizado o teste de Bartlett para analisar a homogeneidade das variâncias e o teste de Shapiro-Wilk para analisar a normalidade dos dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados os resultados dos ensaios físicos e mecânicos dos painéis tratados com CCA e dos painéis testemunhas. Os resultados foram comparados com documento normativo internacional, tendo em vista a falta de documento normativo nacional sobre o assunto.

5.1 RESULTADOS DOS TESTES FÍSICOS

A seguir estão apresentados os resultados obtidos dos ensaios físicos de densidade, teor de umidade e inchamento.

5.1.1 DENSIDADE

A Tabela 6 apresenta os resultados médios para a densidade referente aos dois tratamentos estudados e seus respectivos desvios padrões indicados entre parênteses.

Tabela 6 – Médias de densidade.

Tratamento	Densidade
Sem CCA	715,24 a* (58,90)
Com CCA	639,44 b (8,43)

Fonte – Autoria própria.

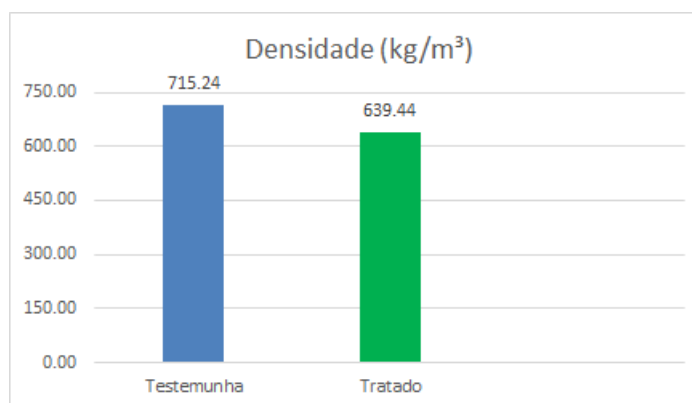
*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha = 5\%$).

A Tabela 6 apresenta as médias das densidades. É possível observar que há diferença entre as médias a um nível de significância de 5%. É possível observar também que os painéis sem tratamentos tiveram um grande desvio padrão, enquanto os painéis com tratamento tiveram um desvio padrão inferior. Isto pode justificar o maior valor para os painéis sem tratamento, o que não era esperado.

Através da análise da Figura 11 pode-se observar que a média dos painéis sem tratamento foi de 715 kg/m³, enquanto o valor médio dos painéis submetidos ao tratamento foi de 639 kg/m³. Pode-se observar que o tratamento influenciou na densidade dos painéis, embora era esperado que o tratamento aumentasse a densidade, foi observado o efeito inverso. Isto pode ser atribuído a alguma variação do processo produtivo e não do tratamento químico.

A Figura 11 apresenta o gráfico com os valores médios obtidos para o teste físico de densidade.

Figura 11 – Gráfico de densidade.



Fonte – Autoria própria.

Paralwakiri et al.(2005), os painéis produzidos se enquadram como de média densidade, de 600 a 790 kg/m³. Bertolini et al.(2014) utilizaram resíduos de pinus tratado com CCA e verificaram que os painéis com madeira sem tratamento apresentaram densidade média de 760kg/m³ enquanto que para os painéis tratados atingiram densidade média de 880kg/m³, embora tenha sido usadas partículas tratadas e não tratado o painel pós produção.

5.1.2 TEOR DE UMIDADE

A Tabela 7 apresenta os valores médios para o teor de umidade referente aos dois tratamentos estudados e seus respectivos desvios padrões indicados entre parênteses. Nota-se que houve diferença significativa entre os dois tipos de tratamento.

Tabela 7 – Médias de teor de umidade.

Tratamento	Teor de umidade
Sem CCA	10,93 a* (1,57)
Com CCA	13,76 b (1,10)

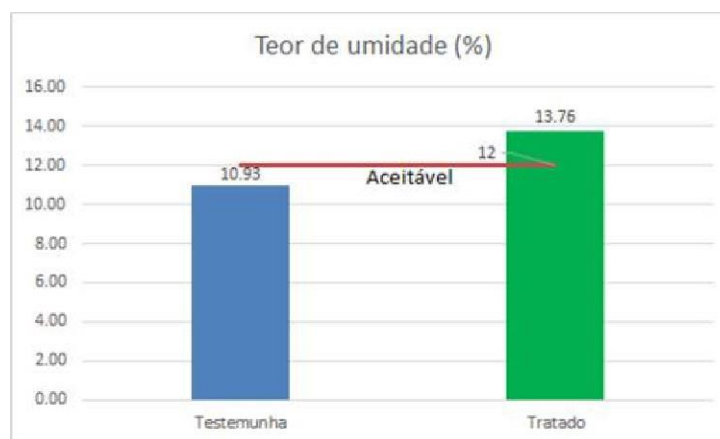
Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha= 5\%$).

Através da análise da Figura 12 pode-se observar que os painéis submetidos ao tratamento apresentaram maior teor de umidade, com média de 13,76% e os painéis sem tratamento apresentaram média de 10,93%. Altos teores de umidade dos painéis demonstram que o tratamento influenciou na umidade dos painéis, uma vez que foi utilizado o método de célula cheia, o que causou maior teor de umidade.

A Figura 12 apresenta o gráfico com os valores médios obtidos para o teste físico de teor de umidade.

Figura 12 – Gráfico de teor de umidade.



Fonte – Autoria própria.

Segundo a Norma Europeia EN 322(1993) para as classes 1 e 2 o teor de umidade pode estar entre 2% e 12%. Para as classes 3 e 4 o teor de umidade pode estar entre 5% e 12%. Os painéis sem tratamento atenderam ao teor de umidade especificado pelo documento normativo. No entanto, o valor médio do teor de umidade para os painéis tratados com CCA apresentaram valores superiores ao especificado pelo mesmo documento. Justifica-se que o maior teor de umidade dos painéis tratados com CCA deve-se ao tratamento dos painéis, e como não houve etapas posteriores de secagem, a perda de água ocorreu somente pela diferença de umidade com o ambiente.

Ferro(2013) avaliaram as propriedades físicas de painéis OSB produzidos com lascas tratadas com CCA e CCB a partir de madeira de *Schizolobium amazonicum* (Paricá). Os autores obtiveram teores de umidade satisfatórios quando comparados com a literatura, variando entre 7,49% e 8,81%. A diferença em relação ao presente trabalho justifica-se pelo uso de lascas tratadas ao invés do presente estudo que efetuou o tratamento dos painéis.

5.1.3 INCHAMENTO EM ESPESSURA

A Tabela 8 apresenta os valores médios para o inchamento em espessura após imersão em água por 24 horas referente aos dois tratamentos estudados e seus respectivos desvios padrões indicados entre parênteses. Nota-se que não houve diferença significativa entre os dois tipos de produção.

Tabela 8 – Médias de inchamento

Tratamento	Inchamento 24h (%)
Sem CCA	11,85 a* (2,72)
Com CCA	9,63 a (3,20)

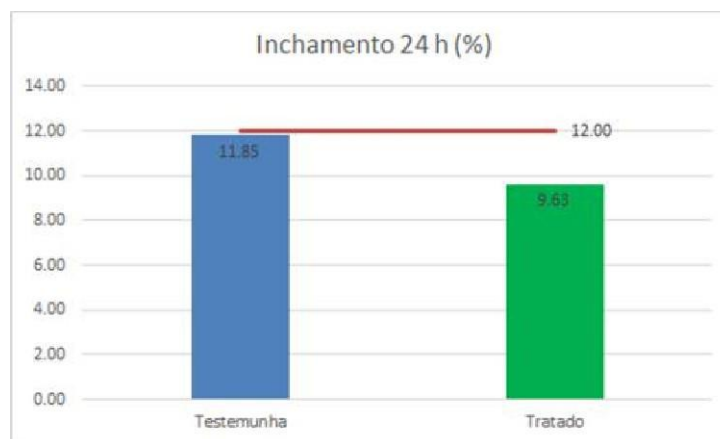
Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha= 5\%$).

Ao analisar a tabela é possível observar que não houve diferença estatística a um nível de significância de 5%.

A Figura 13 apresenta o gráfico com os valores médios obtidos para o teste físico de inchamento.

Figura 13 – Gráfico de inchamento.



Fonte – Autoria própria.

Com base no documento normativo EN 300(2006) o valor de inchamento em espessura 24 horas para painéis OSB Classe 3 é de 15% e classe 4 é de 12% para painéis com espessura entre 10 e 18 mm. Sendo assim, verifica-se que ambos tratamentos atenderam a esta classe 4, ou seja, painéis OSB estruturais especiais para uso em ambiente úmido.

Mendes et al.(2013) estudaram painéis de madeira compensada submetidos a tratamento químico e verificaram uma tendência de diminuição no inchamento em espessura após o tratamento. Esta diminuição pode estar relacionada com o método de preservação, visto que há um inchamento inicial estimulado pelo processo vácuo-pressão-vácuo e, isto fez com que as amostras apresentassem menor inchamento durante a realização dos testes.

5.2 RESULTADOS DOS TESTES MECÂNICOS

A seguir estão apresentados os resultados obtidos dos ensaios mecânicos de flexão estática paralela e perpendicular e adesão interna.

5.2.1 FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados médios obtidos no teste de flexão estática para o módulo de ruptura paralelo para as duas condições de tratamento, junto com o desvio padrão.

Tabela 9 – Médias do módulo de ruptura paralelo.

Tratamento	MOR Paralelo
Sem CCA	24,88 a* (1,73)
Com CCA	16,57 b (1,55)

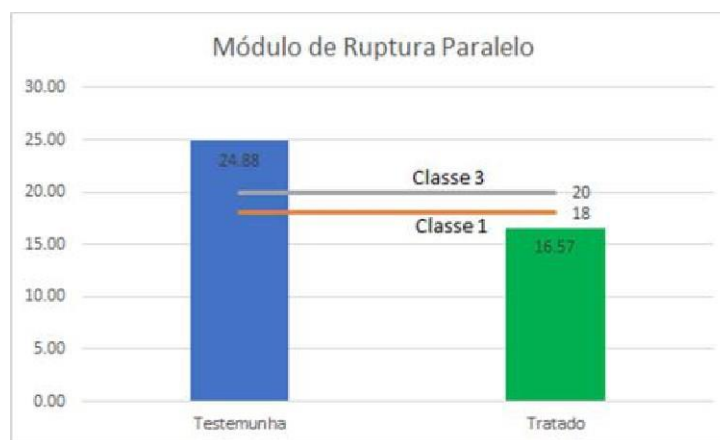
Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha = 5\%$).

A partir dos dados apresentados anteriormente observa-se que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. De acordo com a EN 300(2006) o módulo de ruptura longitudinal para painéis deve ser de 20 MPa para a classe 3 e 28 MPa para a classe 4. No presente trabalho o valor médio obtido foi de 24,88 MPa. Já os painéis tratados com CCA não atingiram o mínimo especificado pela norma nem ao menos para a classe de resistência 1 com valor mínimo aceitável de 18 MPa.

A Figura 14 apresenta o gráfico com os valores médios do módulo de ruptura (MOR) no teste de flexão estática paralela.

Figura 14 – Gráfico de módulo de ruptura paralelo.



Fonte – Autoria própria.

Bastos et al.(2009) encontraram valores para o módulo de ruptura paralelo de painéis OSB de 34 e 35 MPa para os tipos de painéis Form e Plastificado, respectivamente. Os valores encontrados no presente trabalho estão abaixo dos encontrados pelos autores.

Júnior e Garcia(2004) encontraram valores de 25 MPa para painéis OSB com espessura de 15 mm e 30 MPa para painéis com espessura de 18 mm. Sendo assim, os valores estão próximos aos obtidos no presente trabalho, para painéis sem tratamento.

Mendes et al.(2013) obtiveram valores menores de módulo de ruptura em painéis tratados com CCA ao compará-los com painéis sem tratamento, o que confirma o ocorrido nos resultados obtidos.

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados médios obtidos no teste de flexão estática para o módulo de elasticidade paralelo para as duas condições de tratamento, junto com o desvio padrão.

Tabela 10 – Médias do módulo de elasticidade paralelo.

Tratamento	MOE Paralelo
Sem CCA	3483 a* (747,82)
Com CCA	2005 b (401,26)

Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha = 5\%$).

A partir dos dados apresentados anteriormente observa-se que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. De acordo com a EN 300(2006) o módulo de elasticidade longitudinal para painéis deve ser de 3500 MPa para a classe 3 e 2500 MPa para a classe 1. No presente trabalho o valor médio obtido foi de 3483 MPa para

os painéis sem tratamento. Já os painéis tratados com CCA não atingiram o mínimo especificado pela norma nem ao menos para a classe de resistência 1 com valor mínimo aceitável de 2500 MPa.

A Figura 15 apresenta o gráfico com os valores médios do teste de módulo de elasticidade paralelo (MOE).

Figura 15 – Gráfico de módulo de elasticidade paralelo.



Fonte – Autoria própria.

Mendes et al.(2013) obtiveram valores de módulo de elasticidade e módulo de ruptura inferiores para os painéis que passaram por tratamentos químicos, como CCA, como observado no presente estudo. (FERRO,2013) obteve valores médios do módulo de elasticidade dos painéis tratados inferiores aos painéis não tratados.

5.2.2 FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados médios obtidos no teste de flexão estática para o módulo de ruptura perpendicular para as duas condições de tratamento, junto com o desvio padrão.

Tabela 11 – Médias do módulo de ruptura perpendicular

Tratamento	MOR Perpendicular
Sem CCA	13,34 a* (1,88)
Com CCA	13,28 a (2,77)

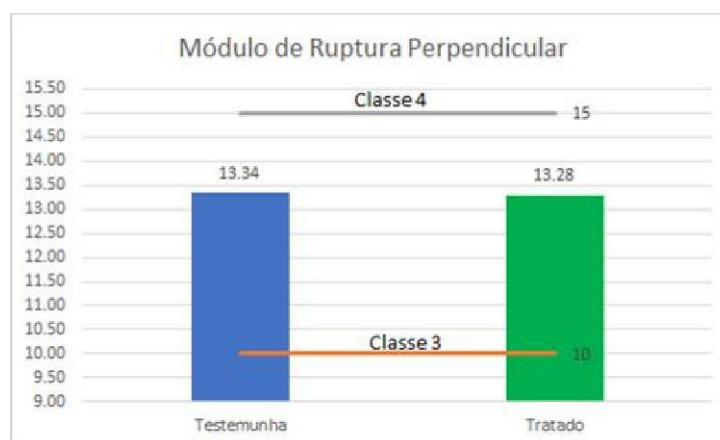
Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha= 5\%$).

A partir dos dados apresentados anteriormente observa-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. De acordo com a EN 300(2006) o módulo de ruptura perpendicular para painéis deve ser de 10 MPa para a classe 3 e 15 MPa para a classe 4. No presente trabalho o valor médio obtido para ambos tratamentos esteve dentro da classe de resistência 3, que refere-se a painéis para uso estrutural.

A Figura 16 apresenta o gráfico com os valores médios do teste de módulo de ruptura perpendicular (MOR).

Figura 16 – Gráfico de módulo de ruptura perpendicular.



Fonte – Autoria própria.

Os valores encontrados no presente trabalho são inferiores aos valores encontrados por Júnior e Garcia(2004), que apresentaram valores de MOE perpendicular de 16 MPa para painéis comerciais.

De acordo com Bertolini et al.(2014), em seu estudo sobre painéis de particular produzidos com rejeitos de *Pinus sp* tratados com CCA, não houve diferença significativa entre os painéis com e sem tratamento. Para o presente trabalho, confirma-se que também não houve diferença para o teste de módulo de elasticidade perpendicular.

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados médios obtidos no teste de flexão estática para o módulo de elasticidade perpendicular para as duas condições de

tratamento, junto com o desvio padrão.

Tabela 12 – Médias do módulo de elasticidade perpendicular

Tratamento	MOE Perpendicular
Sem CCA	1765 a* (317,28)
Com CCA	1504 a (504,36)

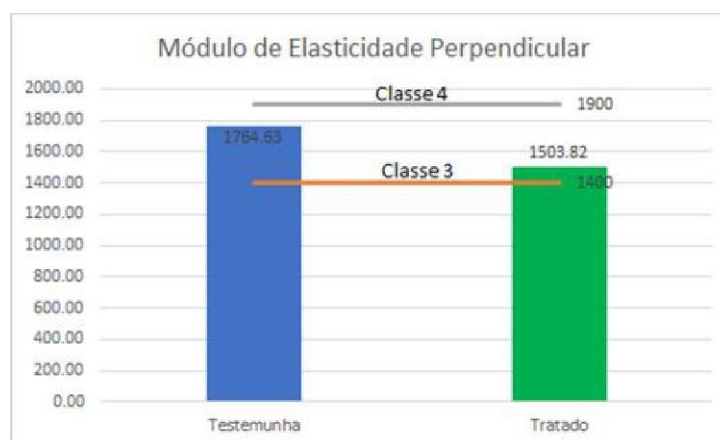
Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha= 5\%$).

A partir dos dados apresentados anteriormente observa-se que não houve diferença estatística a um nível de significância de 5% entre os tratamentos. De acordo com a EN 300(2006) o módulo de elasticidade perpendicular para painéis deve ser de 1400 MPa para a classe 3 e 1900 MPa para a classe 4. No presente trabalho o valor médio obtido para ambos tratamentos esteve dentro da classe de resistência 3.

A Figura 17 apresenta o gráfico com os valores médios do teste de módulo de elasticidade perpendicular (MOE).

Figura 17 – Gráfico de módulo de elasticidade perpendicular.



Fonte – Autoria própria.

Mendes et al.(2000) obtiveram média de 1706 MPa para o teste de módulo de elasticidade perpendicular para painéis de OSB. Dessa forma, vê-se que os painéis sem tratamento apresentaram resultados próximos ao encontrado na literatura, e os painéis tratados obtiveram um desempenho relativamente inferior.

No estudo de Ferreira et al.(2017) realizado com painéis tratados com CCA e sem tratamento, observou-se valores de rigidez de 1739 e 3349 MPa, respectivamente. Desta forma, o presente estudo é consoante à literatura, de forma que os painéis sem tratamento obtiveram um desempenho superior aos painéis tratados.

5.2.3 ADESÃO INTERNA

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados médios de adesão interna para as duas condições de produção, juntamente com o desvio padrão.

Tabela 13 – Médias de adesão interna

Tratamento	Adesão interna
Sem CCA	0,38 a* (0,055)
Com CCA	0,22 b (0,017)

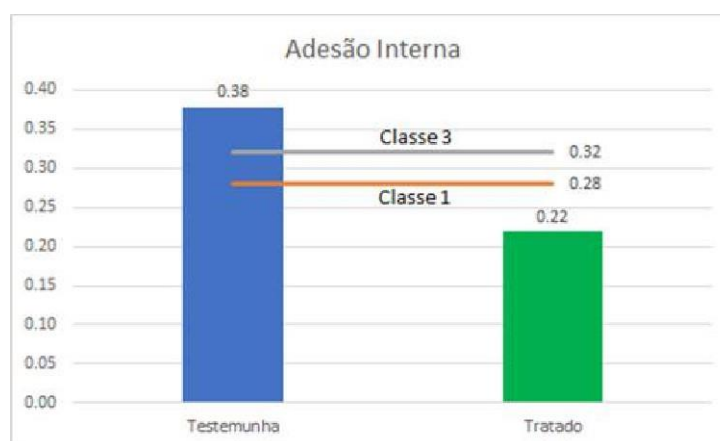
Fonte – Autoria própria.

*Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa ($\alpha = 5\%$).

A partir dos dados apresentados anteriormente observa-se que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. De acordo com a EN 300(2006) os valores aceitáveis para adesão interna para painéis deve ser de 0,28 MPa para a classe 1 e 0,32 MPa para a classe 3. No presente trabalho o valor médio obtido para os painéis sem tratamento químico apresentaram valor médio atendendo a classe de resistência 3. No entanto, os painéis submetidos a tratamento químico não atenderam a nenhuma classe de resistência.

A Figura 18 apresenta o gráfico com os valores médios do teste de adesão interna para as duas condições de produção.

Figura 18 – Gráfico de adesão interna.



Fonte – Autoria própria.

Ferro(2013) encontrou resultados próximos ao encontrado no presente estudo, sendo para painéis sem tratamento o autor obteve melhor desempenho no teste de adesão interna ao compará-los com painéis tratados com CCA. De acordo com (FERREIRA, 2017) o método de célula cheia pode influenciar a qualidade da linha de

cola uma vez que o painel é imerso em solução aquosa e sofre influência de pressão e vácuo.

5.2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tabela 14 apresenta a classificação de cada teste dos painéis testemunha e tratado de acordo com a (EN 300, 2006).

Tabela 14 – Classificação .

TESTE	TESTEMUNHA	TRATADO
Inchamento em espessura	Classe 4	Classe 4
MOR Paralelo	Classe 3	Sem Classe
MOE Paralelo	Classe 1	Sem Classe
MOR Perpendicular	Classe 3	Classe 3
MOE Perpendicular	Classe 3	Classe 3
Adesão Interna	Classe 3	Sem classe

Fonte – Autoria própria.

De acordo com a Tabela 14, é possível visualizar que os painéis testemunha apresentaram-se como Classe 1, visto que é necessário considerar a menor classe. Já os painéis tratados não é possível enquadrar em nenhuma das classes, uma vez que nos testes de módulo de ruptura paralelo, módulo de elasticidade paralelo e adesão interna, estes painéis não atingiram o mínimo especificado para painéis de classe 1.

6 CONCLUSÃO

Pôde-se concluir com este trabalho que dentre as duas condições de produção os painéis tratados com CCA obtiveram menor densidade quando comparados aos painéis sem tratamento.

Com relação à flexão estática nas direções paralela e perpendicular, os painéis sem tratamento com CCA obtiveram maior valor médio quando comparados aos painéis com tratamento, o que pode-se concluir que o tratamento químico prejudicou a qualidade dos painéis estudados. Desempenho similar foi verificado no teste de adesão interna onde os painéis tratados com CCA apresentaram menor valor do que os painéis sem tratamento. Visto que o tratamento se deu após a produção dos painéis, o tratamento sendo em altas pressões pode ter influenciado diretamente na resina e prejudicando a sua eficiência.

De modo geral, os painéis sem tratamento apresentaram melhor desempenho quando comparados aos painéis tratados, pois de acordo com as classificações, os painéis sem tratamento foram classificados como painéis de classe 1, e os painéis com tratamento não atingiram o mínimo exigido para as especificações de módulo de ruptura paralelo, módulo de elasticidade paralelo e adesão interna.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo verificou-se influência negativa da interação da resina melamínica e tratamento químico com CCA. Sugere-se para novos estudos a possibilidade de tratamento das lascas antes da fabricação dos painéis para que possa ocorrer menor influência do tratamento químico na qualidade de colagem dos painéis.

Referências

- ABIMCI. *Compensado de Pinus*. 2008. Disponível em:<<http://www.abimci.com.br/o-setor/>>.
- ABIMCI. *O setor florestal*. 2014. Disponível em:<<http://www.abimci.com.br/o-setor/>>.
- ABIPA, A. B. da Indústria de Painéis de M. Programa setorial da qualidade de painéis de partículas de madeira (mdp) e painéis de fibra de madeira (mdf). p. 11, 2014.
- ALLDRITT, K.; SINHA, A.; MILLER, T. H. Designing a strand orientation pattern for improved shear properties of oriented strand board. *Journal of Materials in Civil Engineering*, American Society of Civil Engineers, v. 26, n. 7, p. 04014022, 2014.
- APA, T. E. W. A. *Oriented Strand Board - Product Guide*. 2017. Disponível em:<<https://www.apawood.org/osb>>.
- BALDIN, T. et al. Qualidade de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e capim-annoni. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Universidade Federal Rural de Pernambuco, v. 11, n. 3, 2016.
- BASTOS, E. F. et al. Caracterização física e mecânica de painel de osb do tipo form. [sn], 2009.
- BERTOLINI, M. S. et al. Painéis de partículas provenientes de rejeitos de pinus sp. tratado com preservante cca e resina derivada de biomassa. *Revista Árvore*, Universidade Federal de Viçosa, v. 38, n. 2, 2014.
- BIANCHE, J. J. et al. Shear in the glue line of eucalyptus sp. bonded with different adhesives and weights. *Floresta e Ambiente*, SciELO Brasil, v. 24, 2017.
- BORGES, P.H. de M. et al. Aspectos gerais sobre adesivos para madeira. *Multítemas*, v. 22, n. 51, 2017.
- BRANDNER, R. et al. Production and technology of cross laminated timber (clt): A state-of-the-art report. In: *Focus Solid Timber Solution-European Conference on Cross Laminated Timber (CLT)*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 21–22.
- BRASIL, L. *Catalogo Tecnico LP - OSB*. 2012. Disponível em:<https://www.lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Catalogo_Tecnico_LP-OSB-Home>.
- BRAZIL, T. *Vigas e perfis para wood frame*. 2017. Disponível em:<<https://www.twbrazil.com.br/noticias/vigas-e-perfis-para-wood-frame/>>.
- CARVALHO, A. G. et al. Adesivos naturais e sintéticos em painéis compensados. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, v. 7, n. 1, 2016.
- CESAR, A. d. S. *Estudo da interação adesivo-partícula em painéis OSB (oriented strand board)*. 2011. 88p. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

- COLLINS, M.; COSGROVE, T.; MELLAD, A. Characterisation of osb properties for application in gridshells. *Materials and Structures*, Springer, v. 50, n. 2, p. 131, 2017.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *BS EN 310*: Wood-based panels. determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussels, 1993. 12 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *BS EN 317* : Particleboards and fibreboards. determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussels, 1993. 12 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *BS EN 319*: Particleboards and fibreboards. determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. Brussels, 1993. 12 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *BS EN 322*: Wood-based panels. determination of moisture content. Brussels, 1993. 12 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *BS EN 323*: Wood-based panels. determination of density. Brussels, 1993. 12 p.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *BS EN 300*: Oriented strand boards (osb) – definitions, classification and specifications. Brussels, 2006. 3 p.
- FACCIO, M. L. R. A importância econômica do pinus. 2012.
- FARINASSI, R. et al. Resistência de painéis compensados de pinus taeda tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. *Cerne*, Universidade Federal de Lavras, v. 20, n. 1, 2014.
- FERREIRA, B. S. Avaliação do desempenho de compensados de pinus taeda submetidos a tratamento térmico e químico. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2017.
- FERREIRA, B. S. et al. Desempenho mecânico de painéis osb tratados com cca mechanical performance in osb panel treated with cca. 2017.
- FERRO, F. S. *Painéis OSB com madeira Schizolobium amazonicum e resina poliuretana à base de óleo de mamona: viabilidade técnica de produção*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013.
- FILHO, R. M. d. B. Painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas uréia formaldeído e melamina formaldeído. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Rede Temática em Engenharia de Materiais, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal de Ouro Preto., 2009.
- GALVÃO, A. P.M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P.P.de. *Processos práticos para preservar a madeira*. [S.I.]: Embrapa, 2004.
- GORSKI, L. et al. Utilização da madeira de eucalyptus benthamii na produção de painéis de partículas orientadas (osb). *FLORESTA*, v. 45, n. 4, p. 865–874, 2015.
- HABITISSIMO. *OSB nos móveis de cozinha*.

HELLMEISTER, V. *Painel OSB de resíduo de madeira Balsa (Ochroma Pyramidale)*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2017.

IBA, I. B. de A. *Paineis: De olho no crescimento*. 2015. Disponível em: <<http://iba.org/pt/noticias/9-conteudo-pt/222-abipa-paineis-de-olho-no-crescimento>>.

IBA, I. B. de A. *Relatório anual - 2017*. 2017. Disponível em: <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>.

IWAKIRI, S. et al. Painéis de madeira aglomerada. *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF, p. 123–166, 2005.

JÚNIOR, G. B.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis osb e compensados. *Revista Árvore*, SciELO Brasil, v. 28, n. 4, p. 563–570, 2004.

LEBOW, S. T. Wood preservation. *Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 15. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190*. Madison, WI: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010: p. 15.1-15.28., v. 190, p. 15–1, 2010.

MADEIRA, A. B. de Preservadores de. *Frequent Asked Questiones*. 2018. Disponível em: <<http://www.abpm.com.br/faq>>.

MALONEY, T. M. *Modern Particleboard Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Updated edition. San Francisco - United States of America: Backbeat Books, 1993.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; LACERDA, F. d. C. Painéis de madeira no brasil: panorama e perspectivas. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2008.

MENDES, L. M. et al. Avaliação do sistema de orientação de partículas na produção de painéis osb (oriented strand board). *Cerne*, v. 6, n. 1, p. 1–8, 2000.

MENDES, R. F. et al. Efeito do tratamento preservativo de painéis compensados sobre as suas propriedades físico-mecânicas effect of preservative treatment on the physical and mechanical properties of plywood. 2013.

MENG, Q. et al. Failure behaviors of oriented strand board material under quasi-static and dynamic loads. *Journal of Materials in Civil Engineering*, American Society of Civil Engineers, v. 30, n. 3, p. 04017297, 2017.

MORESCHI, J. C. Biodegradacao e preservacao da madeira. 2013.

MÜLLER, M. T. et al. Influência de diferentes combinações de lâminas de eucalyptus saligna e pinus taeda em painéis lvl. *Ciência Florestal*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 25, n. 1, 2015.

NASCIMENTO, M.; MORALES, E. Fabricação de painéis osb com madeira proveniente de espécies de madeira da caatinga do nordeste brasileiro. *Lahr, FAR São Carlos: EESC/USP*, p. 119–136, 2008.

POPOVICI, E. et al. Life of cycle assessment to support the design of a factory of the future. 2012.

REMADE. *OSB - opção de mercado*. 2018. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=333&subject=OSB&>.

SANTOS, A. M. d. L. Avaliação teórica e experimental de vigas em “i” pré-fabricadas de madeira com flange de painéis de lâminas paralelas (lvl) e alma de painéis de partículas orientadas (osb) e compensado. 2008.

SILVA, P. *Densidade básica e retratibilidade da madeira de*. [S.l.]: Eucalyptus.

SOUZA, A. d. *Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de Pinus sp com inclusão de telas metálicas*. 2012. 116 p. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e wood frame. *Florianópolis, SC*, 2013.

THOEMEN, H. *Wood-based panels: an introduction for specialists*. [S.l.]: Brunel University Press, 2010.

TRIANOSKI, R. et al. Avaliação das propriedades de painéis compensados de melia azedarach l. produzidos com diferentes gramaturas e tempos de prensagem. *Revista Árvore*, Universidade Federal de Viçosa, v. 39, n. 4, p. 759–768, 2015.

VALLE, M. L. A. et al. Retenção e penetração de cca em madeira de primeira e segunda rotação de eucalyptus urophylla st blake. *Ciência Florestal*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 23, n. 2, 2013.

VIEIRA, I. et al. Efeitos da utilização do formaldeído em laboratório de anatomia. *Rev. Ciênc. Saúde Nova Esperança*, v. 11, n. 1, p. 97–105, 2013.