

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Engenharias
Curso de Engenharia Industrial Madeireira



Trabalho de Conclusão de Curso

Propriedades físicas de compensados fenólicos produzidos com diferentes arranjos de lâminas de *Pinus taeda* L. e *Anacardium occidentale* L.

Felipe Amaral Ribeiro

Pelotas, 2015.

Felipe Amaral Ribeiro

Propriedades físicas de compensados fenólicos produzidos com diferentes arranjos de lâminas de *Pinus taeda* L. e *Anacardium occidentale* L.

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

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

Pelotas, 2015

Felipe Amaral Ribeiro

Propriedades físicas de compensados fenólicos produzidos com diferentes arranjos de lâminas de *Pinus taeda* L. e *Anacardium occidentale* L.

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: 16/11/2015

Banca examinadora:

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

Prof^a.Dr. Leonardo da Silva Oliveira
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. M.Sc. Gabriel Valim Cardoso
Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

Nota do autor

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

Aos meus pais, Rosa Amaral (*in memoriam*) e Helio Ribeiro,
à minha namorada Mariana Bonati,
meu irmão Helio Neto e
à minha tia Gilda Amaral.

Dedico

Agradecimentos

Agradeço primeiramente e principalmente a minha Mãe Rosa Amaral por me dar o prazer de ter convivido por muitos anos ao seu lado, proporcionando a mim e a meu irmão ensinamentos que levaremos para o resto da vida. Agradeço também por todo o esforço que ela fez para que eu chegasse a este momento. Nunca mediu esforços para fazer tudo isso virar realidade. Hoje ela não está mais entre nós fisicamente, mas mentalmente estará sempre em nossas vidas, com o amor e respeito que sempre compartilhou na vida de todos que tiveram o prazer da sua companhia.

Ao meu pai Helio Ribeiro, que sempre nos incentivou a estudar e ser alguém que contribuísse para um mundo melhor. É um batalhador, um exemplo de dedicação que se tornou respeitado em seu meio de trabalho. Com certeza é uma referência em minha vida.

À minha namorada Mariana Bonati que está comigo em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins. Também é um exemplo de dedicação em que me espelho muito. Agradeço pelo amor, companheirismo e apoio nesta jornada que está apenas começando.

Ao meu irmão Helio Ribeiro que também sempre esteve ao meu lado nos momentos bons e ruins. Além de ser irmão, também é colega de faculdade.

À minha tia Gilda, nossa segunda mãe, que sempre nos incentivou a estudar, aprender coisas novas e ter caráter como um princípio de vida.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Erika da Silva Ferreira por toda a assistência e ensinamentos compartilhados, bem como todos os outros professores do curso que contribuíram com a minha formação acadêmica.

À toda a minha família e amigos que também contribuíram com a minha formação e que torceram para que as coisas dessem certo.

A UFPel (Universidade Federal de Pelotas) e ao LAPAM (Laboratório de Painéis de Madeira), por disponibilizar os recursos de laboratório e fornecerem material necessários para a realização dos experimentos.

Às empresas Palma Sola Ltda, Hexion Química do Brasil e ao Laboratório de Painéis de Madeira – DETF (UFPR) pelo incentivo ao estudo por meio da doação das lâminas de madeira, resina fenol-formaldeído e farinha de casca de coco, respectivamente, utilizados neste trabalho.

Aos servidores técnicos de laboratório da UFPel e estagiários do LAPAM pelo apoio, ajuda e dedicação essencial na realização dos experimentos.

Resumo

Ribeiro, F. A. **Propriedades físicas de compensados fenólicos produzidos com diferentes arranjos de lâminas de *Pinus taeda* L. e *Anacardium occidentale* L.** 2015. 47 páginas. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

A produção industrial dos painéis compensados no Brasil começou há muitas décadas, com madeira proveniente de florestas nativas. Atualmente a maior fonte de matéria-prima é originária de florestas plantadas de rápido crescimento. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas em compensados fenólicos produzidos com diferentes arranjos de lâminas de *Pinus taeda* L. (pinus), espécie tradicional, e *Anacardium occidentale* L (cajueiro), sendo uma espécie nativa e nova para produção de compensados multilaminados. Para o desenvolvimento do estudo foram avaliados quatro tratamentos, sendo produzido um total de doze painéis homogêneos e mistos. Cada chapa foi constituída por 5 lâminas, com espessura nominal de 2mm, dimensões de 500x500mm e consolidados por meio de prensagem a quente com adesivo fenol-formaldeído. Os ensaios físicos determinados foram: teor de umidade, massa específica aparente, absorção de água, inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura, sendo realizados de acordo com as especificações da norma brasileira. Os painéis compensados produzidos exclusivamente com lâminas de cajueiro, bem como os painéis produzidos com diferentes arranjos de lâminas, apresentaram propriedades físicas satisfatórias quando comparados ao painel referência (pinus). De modo geral, pode-se afirmar que é possível produzir painéis compensados fenólicos multilaminados em escala industrial com madeira de cajueiro pura ou em combinação com madeira de pinus.

Palavras – chave: Painéis laminados, espécie exótica, espécie nativa.

Abstract

Ribeiro, F. A. **Physical Properties of phenolic plywood produced with different arrangements of *Pinus taeda* L. and *Anacardium occidentale* L. veneers.** 2015. 47 pages. Course's Final Paper - Industrial Wood Engineering Course. Federal University of Pelotas, Pelotas – RS.

Industrial production of plywood in Brazil began many decades ago use timber from native forests. Currently the major source of raw materials it's originated from fast-growing forests. In this context, this study aims to assess physical properties in phenolic plywood produced with different veneer arrangements of *Pinus taeda* L. (pine), traditional specie, and *Anacardium occidentale* L. (cashew), it a native and new species plywood production. For development study were evaluated four treatments, were produced twelve homogeneous and mixed panels. Each board consisted of five veneers, with a nominal thickness of two millimeters, dimensions of 500x500mm and consolidated in hot pressing with phenol formaldehyde adhesive. The following physical tests were determined: moisture content, density, water absorption, swelling more recovery in thickness and recovery in thickness, were made of the agreement with specifications of the brazilian standard. The plywood produced exclusively with cashew veneer as well as the panels produced with different arrangements veneers showed physical properties satisfactory when compared by reference panel (pine). Generally, it's possible to produce phenolic multilaminated plywood on an industrial scale with pure cashew wood or in combination with pine wood.

Keywords: Laminated panels, exotic species, native species.

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização das principais empresas e polos consumidores de madeira de florestas plantadas do Brasil em 2012.....	19
Figura 2 - Distribuição proporcional do consumo de madeira de florestas plantadas e o destino de produção no ano de 2012.....	20
Figura 3 - Histórico da produção e consumo de compensados no Brasil entre 2002 e 2012.....	22
Figura 4 - Painéis compensados de Cajueiro (A) e de Pinus (B).....	27
Figura 5 - Aplicação homogênea do adesivo fenólico com o auxílio de uma espátula com ranhuras em uma das superfícies da lâmina de madeira.....	30
Figura 6 - Painel compensado no interior da prensa apto para a prensagem.....	30
Figura 7 - Layout de distribuição dos corpos de prova para a avaliação das propriedades físicas analisadas nos painéis	32

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas da resina fenol-formaldeído(FF)....	27
Tabela 2 - Delineamento experimental empregado na produção dos painéis de madeira e composição estrutural das lâminas	28
Tabela 3 - Formulação da batida de cola empregada para a confecção do adesivo fenol-formaldeído(FF).....	29
Tabela 4 - Ensaio físicos realizados nos painéis compensados e a quantidade de corpos de prova amostrados	32
Tabela 5 - Valores médios para Teor de Umidade (TU) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados.....	34
Tabela 6 - Valores médios para Massa Específica Aparente (MEA) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados.....	35
Tabela 7 - Valores médios para Absorção de Água (AA) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados.....	36
Tabela 8 - Valores médios para Recuperação em Espessura (RE) e Inchamento mais Recuperação em Espessura (IR) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados.....	37

Lista de Siglas

AA - Absorção de água

ABIMCI - Associação Brasileira Da Indústria Da Madeira Processada Mecanicamente

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas

CP - Corpo de prova

CV - Coeficiente de variação

CLP - Controle Lógico Programável

FCC - Farinha de casca de coco

FF - fenol-formaldeído

FT - Farinha de trigo

IR - inchamento mais recuperação em espessura

LAPAM - laboratório de painéis de madeira

ME - Massa específica

MEA - Massa Específica Aparente

PMVA - produtos de maior valor agregado

PNQM - Programa Nacional de Qualidade da Madeira

RE - Recuperação de espessura

TU - Teor de umidade

UF - Ureia-formaldeído

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Produtos derivados de florestas plantadas.....	18
3.2 Painel compensado.....	20
3.2.1 Produção, consumo e mercado do compensado de pinus.....	21
3.2.2 Painéis compensados produzidos com diferentes espécies.....	23
3.2.2.1Cajueiro (<i>Anarcadium Occidentale</i> L).....	23
3.3 Fatores que afetam a produção dos compensados.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Material	27
4.2 Produção dos painéis compensados	28
4.3 Ensaio físicos.....	31
4.4 Análise estatística.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 Teor de Umidade.....	34
5.2 Massa Específica Aparente.....	35

5.3 Absorção de água.....	36
5.4 Recuperação em espessura e Inchamento mais recuperação em espessura.....	37
6 CONCLUSÕES	39
Referências	40
Apêndices	46

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de compensado no Brasil começou na década de 40, sendo iniciado com a espécie *Araucaria angustifolia* como fonte, proveniente de florestas nativas do estado do Paraná. Em torno de 1960, a fabricação transferiu-se para a região amazônica e passou a utilizar como matéria-prima folhosas vindas de florestas nativas. A partir dos anos 90, importantes mudanças aconteceram. As plantações de pinus no sul do país se tornaram uma importante fonte para a indústria de compensado (PRATA, 2006).

No que diz respeito a matéria-prima, ocorreu uma importante mudança, que foi a substituição quase que integral de madeira oriunda de florestas nativas pela madeira de florestas plantadas de rápido crescimento (ABIMCI, 2004).

Já com relação as indústrias de painéis de madeira processada mecanicamente, estas se tornaram vastas no território nacional. De acordo com um estudo da ABIMCI (2012), o mercado brasileiro de compensado é composto de aproximadamente 140 empresas, na sua maioria concentradas na Região Sul do país.

Em 2011, no estado do Paraná, concentravam-se cerca de 43% das indústrias de painéis compensados do Brasil. O país oferece condições favoráveis para o melhor desempenho do compensado, mas nos últimos anos, verificou-se que a exportação foi diminuindo devido a fatores externos e internos (RIBASKI, 2012).

A classificação destes painéis compensados relacionados à sua utilização e tipo de resina empregada ocorre da seguinte forma: para uso interno, o painel é produzido com a resina ureia-formaldeído; uso intermediário são produzidos com a resina melamina-formaldeído; e para uso externo emprega-se resina fenol-formaldeído. Existem sete principais tipos de compensados que são: laminados, sarrafeados, industrial, naval, decorativos, resinados e plastificados (IWAKIRI et al., 2005).

A obtenção de lâminas e produção de compensados de boa qualidade está estreitamente relacionada às características inerentes a madeira, ao adesivo e procedimentos empregados na colagem (MARRA, 1992).

Um gênero interessante que se tornou ótima alternativa de matéria-prima para a produção de compensado é o pinus, pois apresenta características diferenciadas em relação as tradicionais com o rápido crescimento (ABIMCI, 2008). O potencial silvicultural desta espécie é um fator fundamental, onde as espécies mais plantadas e industrializadas são o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*. Além disso, existem várias outras espécies tropicais que tem grande potencial e devem ser objetos de estudos (IWARIKI et. al. 2002).

O *Pinus taeda* é uma espécie convencional no que se refere a painéis de madeira compensada, já o *Anarcadium occidentale*, mais conhecido como cajueiro, é uma espécie inovadora nesta área.

De acordo com Himejima e Kubo (1991), as referências direcionadas a esta espécie são relacionadas somente a fins medicinais e cosméticos.

Nesse contexto o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial técnico de uso da madeira de cajueiro na produção de compensados multilaminados, visto que são insipientes estudos com essa espécie.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar o potencial tecnológico de utilização da madeira de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para produção de painéis compensados multilaminados homogêneos e em combinação com madeira de pinus (*Pinus taeda* L.).

2.2 Objetivos específicos

- Produzir, em escala piloto, painéis compensados fenólicos multilaminados constituídos por lâminas de pinus e cajueiro em diferentes arranjos estruturais;
- Determinar as seguintes propriedades físicas dos compensados: teor de umidade, massa específica aparente, absorção de água, inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura, de acordo com especificações da norma brasileira;
- Avaliar o efeito da madeira de cajueiro nas propriedades físicas dos painéis compensados homogêneos e constituídos com diferentes arranjos de lâminas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produtos derivados de florestas plantadas

Toras, madeira serrada, painéis de madeira, pasta de madeira e papel compõem o setor de produtos florestais. A partir destes insumos, formam-se grandes cadeias produtivas como o setor de construção civil e a indústria moveleira (REMADE, 2006).

O Brasil é referência de qualidade neste segmento possuindo inúmeras fábricas. Os investimentos em tecnologia tornaram as fábricas quase que totalmente automatizadas. As empresas do segmento construíram parques industriais versáteis, modernos e extensos facilitando a implantação de linhas contínuas de produção (ABIPA, 2010).

O segmento dos produtos madeireiros abrange os produtos de madeira processada mecanicamente, celulose e papel, painéis reconstituídos, dentre outros. Os produtos de madeira processada mecanicamente, no qual pode-se destacar a madeira serrada, lâminas, chapas de madeira e produtos de maior valor agregado (PMVA). Este último agrupa, entre outros produtos, molduras, portas, janelas, pisos e componentes para móveis (ABIMCI, 2013).

Em vista disto, a figura 1 apresenta a localização das principais empresas e centros consumidores de madeira de florestas plantadas no Brasil em 2012.

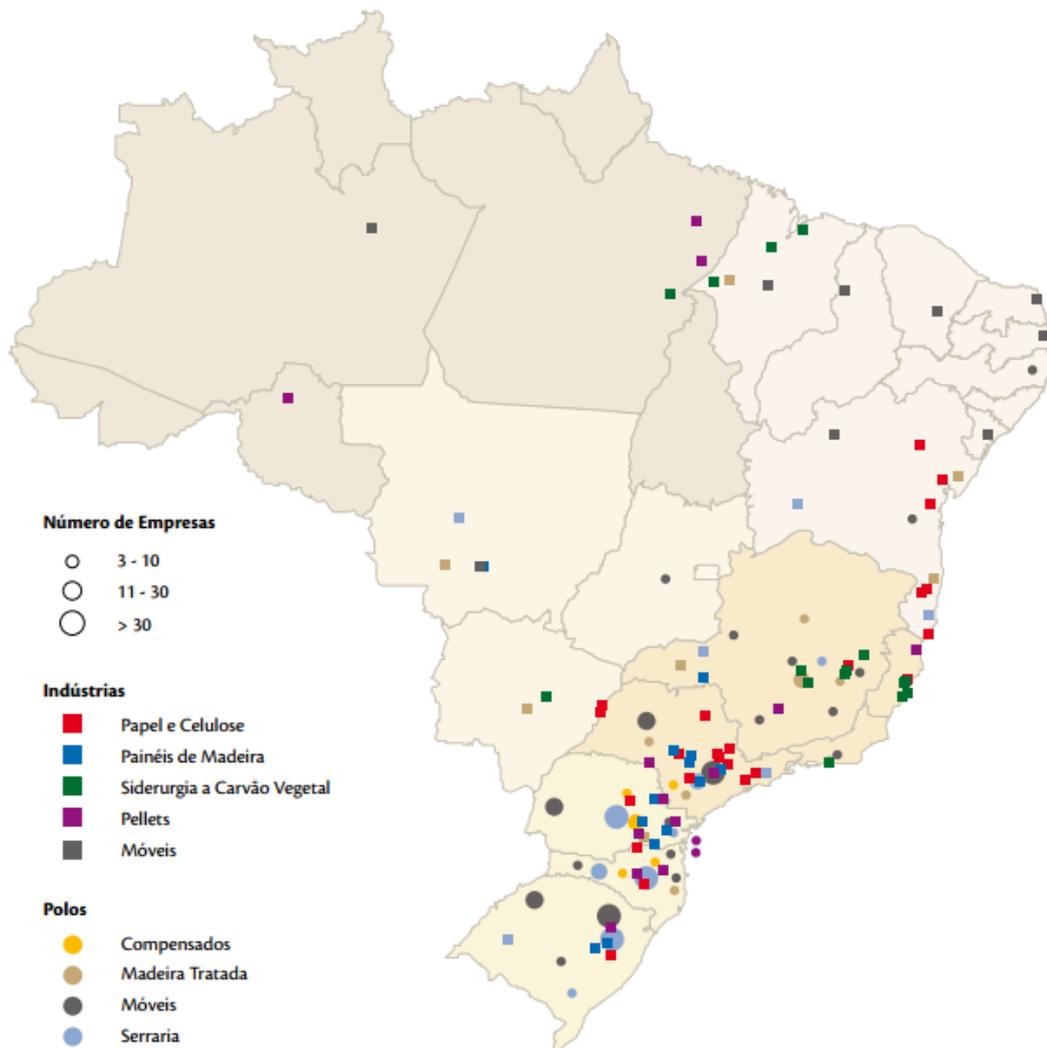


Figura 1 – Localização das principais empresas e polos consumidores de madeira de florestas plantadas do Brasil em 2012.
 Fonte: ABRAF, 2013.

No que diz respeito ao consumo de madeira de florestas plantadas e o destino da produção, a figura 2 apresenta a distribuição proporcional para o ano de 2012.

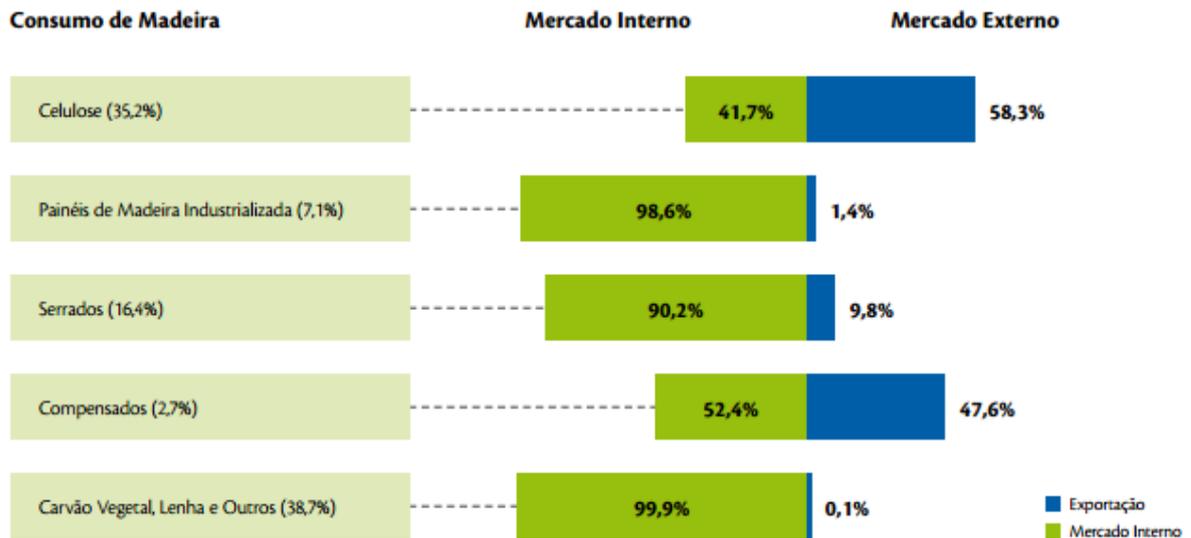


Figura 2 – Distribuição proporcional do consumo de madeira de florestas plantadas e o destino de produção no ano de 2012
Fonte: ABRAF, 2013

3.2 PAINEL COMPENSADO

No início da década de 40, foi iniciada a produção de compensado. Mas só se tornou significativa a partir dos anos 70. O Brasil é um dos principais produtores mundiais de compensado, e este painel é amplamente utilizado devido as suas características mecânicas e sua adaptabilidade a diversos usos. Por outro lado, apesar de ter a sua importância no país, este segmento é bastante fragmentado. Entre os fatores limitadores estão as barreiras tecnológicas e custos elevados de matéria-prima (NOCE et al., 2007).

O uso de lâminas de madeira para formação de painéis contribui diretamente na conservação de recursos florestais. Isso ocorre porque a matéria-prima é quase que integralmente utilizada (IWAKIRI, 2005).

O painel chamado de compensado é constituído de lâminas de madeira sobrepostas e cruzadas entre si, sendo unidas com a ajuda de resinas através de

calor e pressão. O número de lâminas em um painel compensado geralmente é ímpar (ABIMCI, 2009).

Segundo Iwakiri (2005), o painel de compensado é fabricado por meio da colagem de lâminas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas.

Geralmente são utilizadas madeira de pinus, tropicais e eucalipto. As aplicações são variadas, tendo um maior uso na construção civil, indústria moveleira, embalagens (ABIMCI, 2009).

No que se refere a qualidade do compensado, a condição da lâmina interfere significativamente no produto final. Alguns aspectos importantes são: Incidência de defeitos, número de emendas, coloração, nós e outros (ABIMCI, 2009).

De acordo com a ABIMCI (2013), são considerados dois tipos básicos de aplicação para os painéis de madeira compensada:

- ✓ Painéis estruturais, que são destinados à construção civil, sua utilização se dá principalmente em paredes, pisos, contra pisos e tetos;
- ✓ Painéis não estruturais, que são destinados a utilização temporária na construção (formas, andaimes, tapumes, etc.) ou componentes não submetidos a esforços (paredes divisórias, folhas de porta, etc.).

Iwakiri (2005) afirma que o compensado apresenta grandes vantagens em relação a madeira maciça. Algumas destas vantagens são uma maior resistência distribuída em toda a extensão, maior estabilidade dimensional, maior aproveitamento, e maiores dimensões.

3.2.1 Produção, consumo e mercado do compensado de pinus

O estudo setorial da ABIMCI (2009) mostra que a indústria de compensados no Brasil já produziu aproximadamente 2,5 milhões de metros cúbicos de compensado, sendo eles de conífera e folhosas em 2008.

A figura 3 apresenta o histórico da produção e o consumo de compensados no Brasil entre 2002 e 2012.

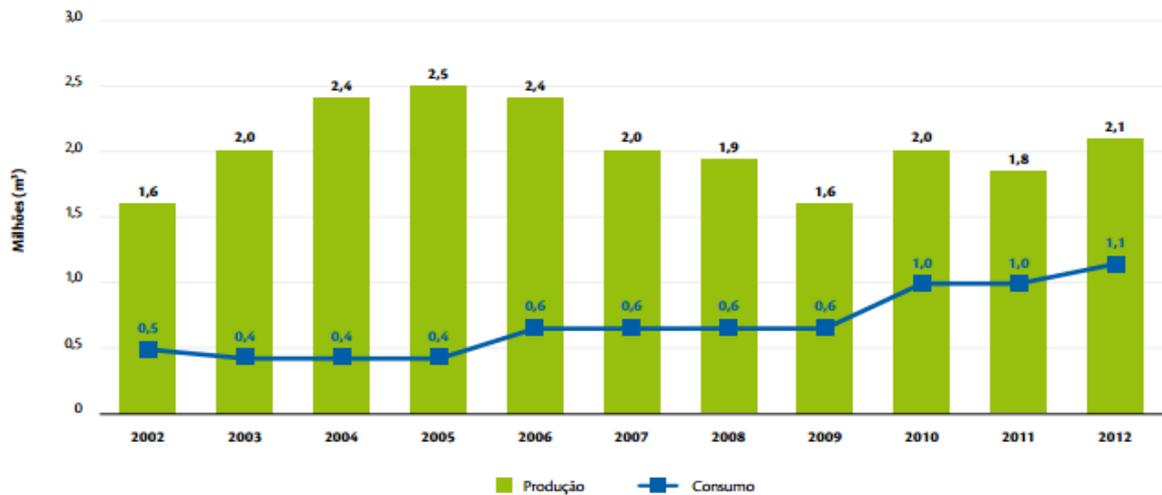


Figura 3 – Histórico da produção e consumo de compensados no Brasil entre 2002 e 2012

Fonte: ABRAF, 2013.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF (2011), o desenvolvimento no setor de compensados no Brasil iniciou nos anos 90 e tinha a intenção de chegar ao mercado externo. O crescimento e o destaque iniciaram no fim desta década, devido ao bom desempenho da construção civil.

A produção do compensado de pinus oscilou no período de 1998 a 2008 no que diz respeito a produção e consumo. Segundo a ABIMCI (2008), a produção brasileira cresceu 147,5% neste segmento, enquanto que o consumo apresentou um decréscimo de -13,4%.

De acordo com dados da ABIMCI (2008), as exportações dos painéis compensados de pinus cresceram em volume no período de 1998 a 2004. Logo após esse período o volume começou a decrescer, registrando uma queda de 8,7% em 2006. Mas, mesmo com esta queda, o preço do compensado Pinus aumentou 4,2%.

Para a ABRAF (2011), a exportação de compensados foi prejudicada no ano de 2010 pois ocorreu a valorização da moeda local e os preços internacionais baixaram, porém o mercado interno tem promovido um bom momento para a construção civil. Por outro lado Pitzahn, Delespinasse e Rodrigues (2008) afirmam

que o maior problema enfrentado pelas empresas de compensado foi a inflação que ocasionou um aumento no preço da matéria-prima.

3.2.2 Painéis compensados produzidos com diferentes espécies

Segundo Marra (1992) apud IWAKIRI et al (2000) e Tsoumis (1992), a influência do uso de diferentes espécies de madeira para a produção de painéis compensados multilaminados está relacionada a dois fatores. O primeiro está relacionado a estrutura anatômica, física e química da madeira que influenciam nas propriedades de colagem das lâminas. O segundo fator diz respeito a relação da ligação adesiva com as propriedades da madeira utilizada sobre a resistência mecânica dos painéis produzidos.

O aumento no número de espécies alternativas para laminação e produção de compensados significa ampliar a oferta de matéria prima de qualidade para o setor madeireiro e, ao mesmo tempo, contribuir para a preservação ambiental (IWAKIRI et al, 2001).

3.2.2.1 Cajueiro (*Anacardium Occidentale* L.)

O cajueiro (*Anacardium occidentale*, L.) é uma planta tropical e sua exploração econômica restringe-se, principalmente, à Índia, Brasil, Moçambique, Quênia e Tanzânia. É originária do Brasil e distribui-se em todo o seu território. A região nordeste, com uma área plantada superior a 750 mil hectares, responde por mais de 95% da produção nacional, sendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí os principais produtores. Os principais mercados consumidores de amêndoa brasileira são os Estados Unidos, Holanda e Canadá, sendo responsáveis por cerca de 70% das importações. O agronegócio do caju no mundo movimentava cerca de 2,4 bilhões de dólares por ano (IBGE, 2013; EMBRAPA, 2003).

A castanha de caju é proveniente do cajueiro e participa com 39,5% de toda exportação do mercado cearense, gerando divisas na ordem de 220 milhões de dólares anuais superando tecidos, lagostas, cera de carnaúba, fios de algodão,

poliéster, calçados, couros, peles, artigos de vestuário, ligas de ferro, fogões de cozinha, sucos, extratos de caju e camarões (FIEC, 1997).

A cultura do cajueiro gera divisas não só pela comercialização da castanha, mas também pelo líquido da casca da castanha, e por outros produtos que podem ser mais bem explorados, como a goma do cajueiro e o pedúnculo que se aproveita, aproximadamente, 5% da sua produção (SOARES, 1986).

O cajueiro destaca-se pela sua importância no setor alimentar, industrial e medicinal. É similar a grande maioria das espécies do cerrado, que possuem uma importância socioeconômica e biológica. No entanto, esse bioma é atualmente um dos mais ameaçados do país, pois grandes áreas vêm sendo ocupadas por extensas lavouras e pastagens, contribuindo para a sua descaracterização e degradação, o que coloca em risco a sua biodiversidade (MARTINOTTO et al., 2008).

3.3 Fatores que afetam a produção dos compensados

Para a produção dos painéis de madeira, existem propriedades que interferem significativamente na qualidade do painel, como a massa específica da madeira, o teor de umidade, tipo e formulação do adesivo e os parâmetros de prensagem (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993; BRITO et al., 2005).

Outro fator importante é a espécie utilizada para a produção dos painéis, que pode apresentar uma grande variabilidade na sua estrutura anatômica como o arranjo dos tecidos, na ocorrência de elementos anatômicos em diferentes proporções, nas dimensões dos elementos celulares e na localização dos componentes ao longo do fuste (TSOUMIS, 1991).

De acordo com Matos (1988) as espécies utilizadas tem grande influência sobre os parâmetros de prensagem, pois as características anatômicas são submetidas a compressão, o que influi diretamente na resistência sob as condições de pressão e temperatura.

As espécies mais utilizadas para a produção dos painéis de madeira no Brasil são do gênero pinus, principalmente *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, sendo utilizadas

frequentemente nas indústrias brasileiras, pois possuem ótimas condições para produção (IWAKIRI et al., 2002).

Oliveira (1988), Latorraca e Albuquerque (2000) e Cruz et al. (2003), afirmam que a massa específica básica é a característica mais utilizada em pesquisas relacionadas à qualidade da madeira, pois se correlaciona com as demais propriedades. Lobão et al (2004) afirma que a massa específica influencia diretamente na resistência mecânica do material.

No que diz respeito aos extrativos presentes na madeira, constata-se que exercem grande influência, podendo prejudicar as reações de polimerização da resina influenciando na qualidade dos painéis produzidos (LIMA et al., 2007).

Segundo Jankowsky (1988), as madeiras com elevados teores de extrativos apresentam uma maior dificuldade de colagem. Para Moslemi (1974) e Kollmann, Kenzie Stamm (1975), o elevado teor de extrativos podem provocar um relativo aumento na resistência a umidade, reduzindo consideravelmente a resistência a adesão interna.

De acordo com Marra (1992), os fatores que afetam a colagem são definidos durante o crescimento das árvores. Alguns exemplos desta afirmativa são as propriedades anatômicas, físicas e químicas de cada espécie, bem como as condições edafoclimáticas onde as árvores se desenvolvem.

Para Silva, Tomaseli e Iwakiri (1988), o teor de umidade final das lâminas depende do tipo de adesivo que será utilizado. Esse valor pode variar de 5% a 15%. É necessária uma redução no teor de umidade das lâminas para obter uma colagem satisfatória dos painéis, mas essa redução envolve uma quantidade significativa de energia, afetando diretamente os custos da empresa.

A influência do teor de umidade está relacionada com a quantidade de adesivo e o seu ritmo de absorção pela madeira. No processo de prensagem ocorrem interações entre a temperatura e a umidade presente na madeira, estas que podem causar uma menor viscosidade do adesivo, resultando em uma movimentação maior e elevada penetração ocasionando uma linha de cola faminta. A migração da umidade ocorre em sentido oposto as fontes de calor, provocando um gradiente de umidade, fazendo com que as camadas de linha de cola internas apresentem um conteúdo maior de umidade, ocasionando a movimentação do

adesivo. O gradiente de temperatura entre o centro da chapa e a temperatura faz com que o adesivo se movimente, provocando o estouro da chapa pelo vapor de água concentrado no seu interior (IWAKIRI, 2005).

Com relação ao preparo da superfície, Frihart (2005) afirma que a madeira deve apresentar células abertas para que o adesivo penetre no lúmen com facilidade para fornecer mais espaço de intertravamento mecânico, sendo o acesso entre as células abertas dependente da espécie da árvore, do processamento mecânico da superfície e dos tipos de células que a constituem.

De acordo com Vick e Marra (1974, 1992) os extrativos podem afetar a superfície da madeira, principalmente nas resinosas. Esta superfície deve se apresentar lisa, plana, livre de marcas, sujeiras e óleos.

Kelly (1977) e Moslemi (1974) relatam que a escolha da resina utilizada influencia na qualidade do produto final, pois cada adesivo é destinado para uma finalidade específica.

A resina fenol-formaldeído é a mais empregada devido as suas características estruturais, por ser bastante durável, estável, aderir muito bem a madeira, tem uma boa permeabilidade e alta resistência (FRIHART, 2005).

Mas por outro lado, tem um alto custo, exige que a madeira apresente baixa umidade e possui uma coloração escura. É classificada para uso exterior, principalmente por sua alta resistência a umidade (IWAKIRI, 2002).

Segundo Iwakiri (2005), o adesivo fenol-formaldeído são resinas condensadas com base de fenol e formol apresentados em solução aquosa. O seu uso destina-se à produção de compensado à prova d'água, painéis de fibras, painéis aglomerados estruturais, etc. Se destaca por ter uma coloração marrom avermelhado, com o teor de sólidos entre 48 a 51%, pH na faixa de 11 a 13, viscosidade entre 300 e 600cP e temperatura de cura na faixa de 130 a 150°C. Para esta resina, recomenda-se evitar a exposição da mesma a temperaturas elevadas por tempos prolongados, diminuindo o seu tempo de vida útil. Estas resinas não necessitam de catalisadores, permitindo o uso de batida de cola até 6 horas após o seu preparo.

Após a curada a resina produz uma colagem com uma boa resistência a água, se tornando até mesmo mais resistente que a madeira, mas em contra partida, apresenta um custo superior (BALDWIN,1995).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os painéis compensados foram produzidos e suas propriedades físicas avaliadas no Laboratório de Painéis de Madeira - LAPAM, pertencente ao Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas - UFPEL.

4.1 Material

A resina fenol-formaldeído – FF empregado para a fabricação dos painéis compensados foi proveniente da empresa Hexion Química do Brasil, localizada no município de Curitiba-PR.

A tabela 1 apresenta os valores encontrados para as propriedades físico-químicas da resina Fenol-formaldeído que estão de acordo com os valores fixados pelo fabricante.

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas da resina Fenol-formaldeído (FF)

Resina	TS (%)	Viscosidade (mPa.s)	TFG (min)	pH	Massa Específica (g/cm ³)
FF	47,5	538,83	7,55	13,46	1,18

* TS: Teor de Sólidos; TFG: Tempo de Formação de Gel.

As lâminas de cajueiro (*Anarcadium occidentale* L.) e pinus (*Pinus taeda* L.) foram cedidas pela empresa Palmasola Ltda, localizada no município de Palma Sola - SC. A empresa forneceu um total de 30 lâminas para cada espécie avaliada com dimensões nominais de (2 x 500 x 500)mm.

Na figura 4, estão apresentados os painéis compensados produzidos com lâminas de cajueiro e pinus.



Figura 4 - Painéis compensados de Cajueiro (A) e pinus (B).

Fonte: Palmasola, 2015.

4.2 Produção dos painéis compensados

Os painéis compensados foram produzidos empregando-se cinco lâminas orientadas perpendicularmente entre si de acordo com a direção de orientação das fibras da madeira. Desta forma, as chapas foram manufaturadas com lâminas de madeira da mesma espécie (pinus e cajueiro), nos tratamentos homogêneos, sendo os demais fabricados com diferentes arranjos estruturais das lâminas. A tabela 2 apresenta constituição dos tratamentos utilizados para produção dos painéis compensados e a composição estrutural das lâminas.

Tabela 2 – Delineamento experimental empregado na produção dos painéis de madeira e composição estrutural das lâminas

Tratamento	Repetição	Composição do Pannel					Espécies	
		Capa	Miolo		Contracapa	pinus	cajueiro	
		1° lâmina	2° lâmina	3° lâmina	4° lâmina	5° lâmina		
T1 – P	3	Paralelo	90°	Paralelo	90°	Paralelo	15	0
T2 – C	3	Paralelo	90°	Paralelo	90°	Paralelo	0	15
T3 – CPCPC	3	Paralelo	90°	Paralelo	90°	Paralelo	6	9
T4 – PCPCP	3	Paralelo	90°	Paralelo	90°	Paralelo	9	6

*P: pinus; C: cajueiro; CPCPC: cajueiro x pinus x cajueiro x pinus x cajueiro; PCPCP: pinus x cajueiro x pinus x cajueiro x pinus.

As etapas necessárias para produção dos compensados multilaminados foram: climatização das lâminas ao teor de umidade adequado para o processo produtivo, produção da batida de cola – formulação do adesivo, aplicação do adesivo, montagem da chapa, pré-prensagem, prensagem a quente, climatização e esquadreamento.

Após a climatização das lâminas foi realizada a verificação do teor de umidade médio da madeira por meio de uma amostragem aleatória e mensuração

desta variável em cinco pontos (um central e quatro nas proximidades das arestas da amostra) com auxílio de um determinador de umidade resistivo.

A próxima etapa se caracterizou pela produção do adesivo – batida de cola de acordo com a formulação selecionada proposta por IWAKIRI (2005), em partes por peso, apresentada na tabela 3.

Tabela 3 – Formulação da batida de cola empregada para a confecção do adesivo fenol-formaldeído (FF)

Ingredientes	Formulação (partes p/ peso)	Proporção (%)	Quantidade por tratamento (g)
Resina (FF)	100	80,0	384,0
Material de Enchimento (FCC)	10	8,0	38,4
Extensor (FT)	5	4,0	19,2
Água	10	8,0	38,4
Total	125	100,00	480,0

*FF: Fenol-formaldeído; FCC:Farinha de casca de coco; FT: Farinha de trigo.

A gramatura de adesivo utilizada neste experimento foi de 160g/m² em linha simples de aplicação, totalizando 160g por painel e 480g por tratamento.

O processo de montagem dos painéis se caracterizou inicialmente pela aplicação do adesivo (Figura 5) em apenas uma face de cada lâmina (com exceção da capa), sobreposição alternada em função da orientação das fibras e após a composição do painel ocorreu o encaminhamento à pré-prensagem com auxílio de chapas metálicas de elevada densificação dispostas na superfície da lâmina de capa para facilitar a transferência do adesivo às camadas adjacentes por um período de 10 minutos. Nesse contexto, considera-se o tempo de montagem como a soma do período de aplicação do adesivo (10 minutos) com o tempo de pré-prensagem (10 minutos).



Figura 5 – Aplicação homogênea do adesivo fenólico com auxílio de uma espátula com ranhuras em uma das superfícies da lâmina de madeira.

Com relação ao processo de prensagem a quente, foi realizado com auxílio de uma prensa hidráulica, marca Hidraumak, modelo PK4 – 160ton, com controle dos parâmetros (temperatura, tempo e pressão) por meio de CLP (Controle Lógico Programável), pratos horizontais, aquecimento elétrico e com pressão específica de 10 kgf/cm², de acordo com a figura 6.

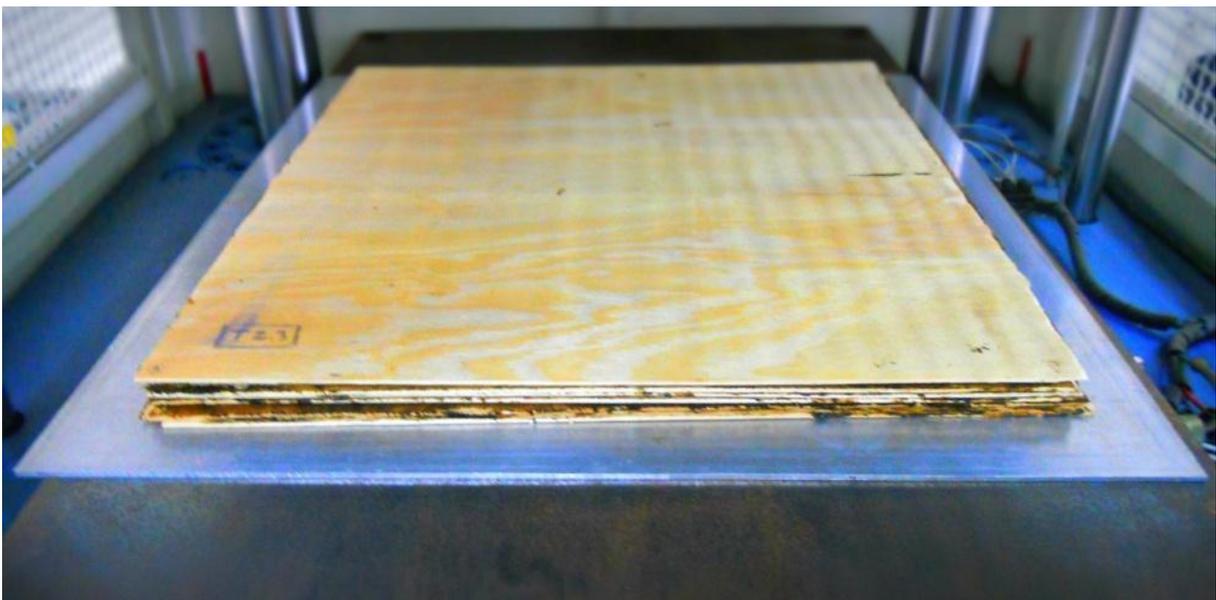


Figura 6 - Pannel compensado no interior da prensa apto para a prensagem.

Os parâmetros de prensagem são descritos abaixo e foram baseados nas informações do boletim técnico da empresa e de acordo com Iwakiri (2005).

- Tempo de montagem: 20 minutos;
- Temperatura da prensa: 140°C;
- Pressão específica: 10kgf/cm²;
- Tempo de fechamento da prensa: 5 segundos;
- Tempo de prensagem: 7 minutos.

4.3 Ensaios físicos

Os painéis produzidos foram acondicionados em câmara climatizada, com temperatura de 20+/-3°C e umidade relativa de 65+/-5%, até atingirem teor de umidade próximo a 12%. Após este período, as chapas foram encaminhadas a uma serra circular simples de bancada para realização dos cortes necessários e obtenção dos corpos de prova.

O dimensionamento dos corpos de prova foi de acordo com as especificações da norma brasileira para cada ensaio realizado e estão descritos abaixo:

- Teor de Umidade: ABNT NBR 9484 (2011) – 50,0 x 100,0mm;
- Massa Específica Aparente: ABNT NBR 9485 (2011) – 50,0 x 100,0mm;
- Absorção de Água: ABNT NBR 9486 (2011) – 25,0 x 75,0mm;
- Recuperação em espessura (RE) e Inchamento mais recuperação em espessura (IR): ABNT NBR 9535 (2011) – 10 x 60mm;

A figura 7 apresenta o *layout* de corte para os corpos de prova com as dimensões apresentadas em milímetros (mm).

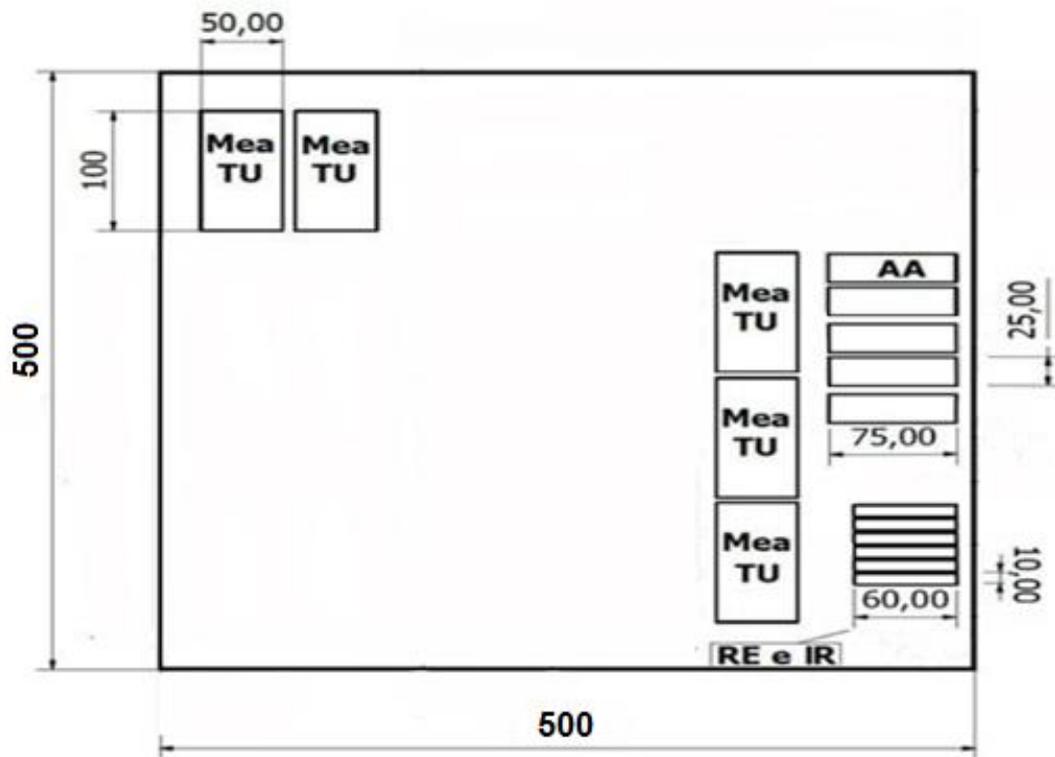


Figura 7 – Layout de distribuição dos corpos de prova para a avaliação das propriedades físicas analisadas nos painéis.

*Me: Massa específica; TU: Teor de umidade; AA: Absorção de água; RE: Recuperação de espessura; IR: Inchamento mais Recuperação em Espessura.

Após o dimensionamento dos corpos de prova, foram realizados os testes físicos no Laboratório de Painéis de madeira – LAPAM. A tabela 4 apresenta o número de corpos de prova por painel ensaiado e os totais por tratamento.

Tabela 4 – Ensaio físico realizado nos painéis compensados e a quantidade de corpos de prova amostrados

Ensaio	C.P.* por painel	C.P. Total
Massa específica	5	60
Teor de umidade	5	60
Absorção de água	5	60
Inchamento e recuperação de espessura	6	72

*C.P: Corpo de prova;

4.4 Análise estatística

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado com três repetições por tratamento (chapas), sendo avaliado o efeito da madeira de cajueiro na composição dos painéis compensados.

Para as variáveis: teor de umidade, recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura foi empregado somente uma estatística descritiva. Para as demais variáveis foi realizada uma análise de variância - ANOVA. Havendo rejeição da hipótese de nulidade pelo teste F, foi possível aplicar o teste Tukey ao nível de 5% de significância para comparação entre as médias dos tratamentos avaliados.

O programa estatístico utilizado para o processamento das variáveis foi o *Statgraphics versão 4.1*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teor de Umidade

Os valores médios para o teor de umidade estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios para o Teor de umidade (TU) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados

Tratamento	TU (%)	C.V.(%)
T1 – P	12,16	1,20
T2 – C	11,11	6,28
T3 – CPCPC	11,67	3,01
T4 – PCPCP	13,05	4,73

C.V. = Coeficiente de variação; P: pinus; C: cajueiro.

De acordo com a tabela 5, os tratamentos T1 e T4 apresentaram uma tendência de aumento dos valores médios para o teor de umidade quando comparados aos T2 e T3, constituídos por maiores proporções da madeira de cajueiro.

Os quatro tratamentos apresentaram teor de umidade dentro do valor máximo de 18% estipulado pelo PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira (2004).

Os valores encontrados por Oliveira (2013) para painéis compensados de *Pinus taeda* e adesivo fenólico foram de 8,46% para o teor de umidade. Os resultados observados para o tratamento T1, com adesivo e a espécie similar ao estudo citado, foram superiores para o teor de umidade, no valor de 12,16%. Cabe salientar que o estudo desenvolvido pelo referido autor foi produzido com sete lâminas.

Estes resultados mostram que a espécie utilizada para a produção do compensado pode influenciar no teor de umidade, haja vista que, de acordo com Tsoumis (1991), a espécie empregada para a produção do painel pode apresentar uma grande variabilidade na sua estrutura anatômica como o arranjo dos tecidos, ocorrência de elementos anatômicos em diferentes proporções, nas dimensões dos elementos celulares e na localização dos componentes ao longo do fuste.

5.2 Massa Específica Aparente

Os valores médios para massa específica aparente (MEA) estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios para Massa Específica Aparente (MEA) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados

Tratamento	MEA (g/cm ³)	C.V. (%)
T1 – P	0,59 ^a	5,96
T2 – C	0,63 ^b	4,08
T3 - CPCPC	0,65 ^b	5,86
T4 - PCPCP	0,64 ^b	3,63

C.V. = Coeficiente de variação; P: pinus; C: cajueiro; *Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Por meio da tabela 6, os tratamentos T2, T3 e T4 não apresentaram diferença significativa estatisticamente para os valores médios de massa específica aparente (Apêndice A). Entretanto, o tratamento T1 apresentou uma diferença significativa se destacando dos demais tratamentos constituídos com madeira de cajueiro e combinações.

No que diz respeito ao tratamento T1, que é produzido somente com lâminas de *Pinus taeda*, os números encontrados para massa específica aparente foram superiores quando comparados com os valores médios de painéis comerciais de *Pinus taeda*, que estão na faixa de 0,512 a 0,565 g/cm³ (ABIMCI, 2002).

Por outro lado, Iwakiri et al. (2006) encontrou uma massa específica média de 0,60g/cm³ para cada compensado de *Pinus taeda*, valor que condiz com os resultados encontrados para os compensados de *Pinus taeda* do presente estudo. Os autores também observaram que a massa específica é um fator importante no que diz respeito a resistência do painel produzido, pois quanto maior a massa específica aparente, mais resistente mecanicamente será o painel.

Os valores médios observados por Albino et al. (2010), produzindo painéis compensados multilaminados (5 camadas) homogêneos e mistos com madeira de *Pinus sp.* e *Toona ciliata* M. Roem e adesivo fenólico, foram de 0,54g/cm³. Todos os

tratamentos produzidos no presente estudo foram superiores a massa específica supracitada.

A massa específica encontrada por Oliveira (2013), para painéis multilaminados (7 camadas) constituídos com madeira de *Pinus Taeda* e adesivo fenólico, foi de 0,62g/cm³. O resultado do tratamento T1, que tem o adesivo e a espécie similar ao estudo citado, foi inferior no que diz respeito a massa específica aparente.

De acordo com Kollman et al. (1975) apud ALMEIDA (2009); POLLNOW (2010), a espécie de madeira, a umidade das lâminas, a temperatura e a pressão empregada no processo de prensagem são os principais fatores que influenciam na massa específica.

5.3 Absorção de Água

Na tabela 7 estão apresentados os valores médios para absorção de água em 24 horas de imersão.

Tabela 7 – Valores médios para absorção de água (AA) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados

Tratamento	AA (%)	C.V. (%)
T1 – P	57,80 ^a	6,19
T2 – C	62,71 ^b	6,49
T3 – CPCPC	61,31 ^{ab}	7,65
T4 – PCPCP	61,88 ^{ab}	8,69

C.V. = Coeficiente de variação; P: pinus; C: cajueiro; *Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Por meio da análise da tabela 7, pode-se observar que os valores médios para a variável resposta absorção de água apresentaram diferença estatisticamente significativa em todos os tratamentos avaliados (Apêndice B). De modo geral, pode-se afirmar que a inclusão das lâminas de cajueiro na composição do compensado multilaminado proporcionou propriedades intermediárias com relação a absorção de água das chapas, havendo uma correlação com a massa específica aparente deste material.

De acordo com Marra (1992), as particularidades de cada espécie, como os fatores anatômicos, físicos e químicos podem interferir nas porcentagens de absorção de água. Isso pode explicar a diferença significativa entre os valores percentuais para absorção de água nos tratamentos produzidos com madeira de pinus (T1) e cajueiro (T2).

Em comparação com a literatura disponível, os resultados médios encontrados por Oliveira (2013) para a variável absorção de água foram de 57,05% em painéis compensados constituídos por sete lâminas de *Pinus taeda* e adesivo fenólico, sendo similar ao observado no presente estudo.

Segundo Silva et al. (2012), os painéis produzidos com madeira de *Pinus oocarpa* com diferentes aplicações de tanino e fenol-formaldeído, obtiveram valores médios de absorção de água correspondente a 63,8% para painéis colados exclusivamente com resina fenol-formaldeído. Esse fato confirma que o adesivo fenol-formaldeído influencia na diminuição da capacidade de absorção de água nos painéis de madeira, tornando-os mais resistentes. Os valores encontrados no trabalho citado foram superiores ao tratamento T1, que foi produzido com mesma espécie e adesivo do estudo utilizado para comparação, e similar aos valores encontrados para os tratamentos T2, T3 e T4. Cabe salientar que o trabalho citado foi produzido com três lâminas de *Pinus oocarpa*, sendo distinto do presente estudo.

5.4 Recuperação em Espessura e Inchamento mais Recuperação em Espessura

Na tabela 8 estão apresentados os valores médios para recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura.

Tabela 8 – Valores médios para recuperação em espessura (RE) e inchamento mais recuperação em espessura (IR) dos painéis compensados multilaminados nos diferentes tratamentos avaliados

Tratamento	RE (%)	C.V. (%)	IR (%)	C.V. (%)
T1 – P	4,80	80,34	10,56	42,72
T2 – C	2,41	39,00	7,14	26,78
T3 – CPCPC	2,38	34,45	8,08	6,91
T4 – PCPCP	3,11	34,96	7,92	9,72

C.V. = Coeficiente de variação; P: pinus; C: cajueiro.

Os valores médios para recuperação em espessura foram superiores para os painéis de *Pinus taeda* (T1) que apresentaram 4,80%, e para os painéis com diferentes arranjos de lâminas e predominância de *Pinus taeda* (T4) que apresentaram 3,12%. Os resultados indicam uma tendência de influência da espécie utilizada na composição do painel na recuperação em espessura. Os valores do tratamento T2, com uso exclusivo de lâminas de cajueiro, e do tratamento T4 com predominância da referida espécie, foram de 2,41% e 2,38%, respectivamente, sendo os resultados inferiores quando comparados ao tratamento testemunha – T1 (pinus), reforçando o fato da massa específica (propriedade inerente a espécie) ter influenciado nas porcentagens de recuperação em espessura.

Com relação a variável inchamento mais recuperação em espessura, foi observada a mesma tendência que ocorreu para a propriedade recuperação em espessura, onde os painéis produzidos exclusivamente com lâminas de pinus (T1), e também com predominância desta espécie (T4), apresentaram porcentagens superiores para inchamento mais recuperação em espessura, de 10,56% e 9,72%, respectivamente.

Nas duas variáveis avaliadas (recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura), a espécie utilizada apresentou influencia nos resultados e de modo geral os compensados de pinus, por possuírem menor massa específica aparente, apresentaram os valores médios superiores quando comparados aos demais tratamentos avaliados.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados observados, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- O teor de umidade observado para os painéis compensados multilaminados produzidos no presente estudo estão de acordo com as especificações da norma brasileira;
- Os painéis produzidos somente com lâminas de pinus (*Pinus taeda*) apresentaram massa específica aparente inferior aos compensados de cajueiro (*Anarcadium occidentale* L.) e nos diferentes arranjos avaliados;
- Com relação à absorção de água, os painéis compensados produzidos com os diferentes arranjos de lâminas apresentaram propriedades similares aos painéis homogêneos, tendo o compensado de cajueiro (*Anarcadium occidentale* L.) apresentado absorção de água superior ao tratamento testemunha (madeira de pinus);
- Houve uma tendência de aumento nas propriedades de inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura dos compensados produzidos com proporções superiores de lâminas de pinus;
- De modo geral, os compensados multilaminados produzidos com diferentes arranjos de lâminas apresentaram, com relação a instabilidade dimensional, propriedades intermediárias quando comparados aos painéis com composição homogênea;
- Os painéis compensados produzidos exclusivamente com lâminas de cajueiro (*Anarcadium Occidentale* L.), bem como os painéis produzidos com diferentes arranjos de lâminas, apresentaram propriedades físicas satisfatórias comparadas aos painéis referência de *Pinus taeda*.

Referências

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Catálogo Técnico Compensado de Pinus**. 2013. Disponível em: < http://www.abimci.com.br/abimcidocs/Catalogo_Tecnico_Compensado_Pinus.pdf> Acesso em: 02 dez. 2015

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial, Ano Base: 2004**. Curitiba, 2005. 50 p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2009, Ano Base: 2008**. Curitiba: 2009. 45p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Base de dados 2012, Ano Base: 2012**. Curitiba: 2012.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Programa Nacional de Qualidade da Madeira. **Catálogo Técnico nº1**. Compensado de Pinus. Curitiba, 2002. 20p.

ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. Nossos produtos. 2010. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9484: Compensado – Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9485: Compensado – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011b.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9486: Compensado – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2011c.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9535: Compensado – Determinação do inchamento. Rio de Janeiro, 1986.

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base: 2012.** Brasília: 2013.

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2011, ano base: 2010.** Brasília: 2011.

ALBINO, V. C. S.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M. M.; ALMEIDA, N. A. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis compensados de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 103-108, 2011.

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados.** 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ALMEIDA, R. R; BORTOLETTO JUNIOR, G; JANKOWSKY, I.P. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, n.1, p.14-24, 2004b.

BALDWIN, R. F.; **Plywood and veneer-based products – manufacturing practices.** San Francisco: Miller Freeman, 388p.1995.

BRITO, E. O.; BATISTA, D. C.; VIDAURRE, G. B.; SAMPAIO, L. de C. Chapas de madeira aglomerada de uma camada de *Pinus elliottii* Engelm com a adição das cascas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Cerne**, v. 11, n. 4, p. 369-375, 2005.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), v.64: p. 33-37, 2003.

EMBRAPA - Embrapa Agroindústria Tropical. Sistemas de produção: cultivo do cajueiro. 2003. Disponível em: <
http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes>. Acesso em: 23/11/2015

FIEC - Federação das Indústrias do Estado do Ceará. Exportações cearenses no período 1990/1996, Fortaleza, Ceará, 1997. 18p.

FRIHART, C. R.; **Wood adhesion and adhesives**: Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. Cap.9. 2005.

HIMEJIMA, M.; KUBO, I .Antibacterial agentes from the cashew anarcadium occidentale (anarcadiaceae) nutshelloil. **J. Agric, FoodChem**, v. 39, p. 418-421, 1991.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 23/11/2015

IWAKIRI, S. et al. Produção de compensados de Pinus taeda e Pinus oocarpa com resina fenol-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 092-097, 2002.

IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S.; MENDES, L. M. Painéis de madeira compensada. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, p. 87-122, 2005.

IWAKIRI, S.; NETO, A. R.; ALMEIDA, B. C de.; BIASI, C. P.; CHIES. D.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A.; RIGATTO, P. A.; BETTEGA, W. P. Avaliação da qualidade do compensado fenolico de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 004, p.437- 443, 2006.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. Produção de Chapas de Madeira Compensada de Cinco Espécies de Pinus Tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, dez. 2001.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. C.; SILVA, R. M.; ALVES, C. R; PUEHRINGER, C. A. Produção de Compensados de Pinus taeda L. e Pinus oocarpa Schiede com Diferentes Formulações de Adesivo Uréia Formaldeído. **Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p.371-375, 2002.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A.B.; ALBUQUERQUE, C.E.C.; GORNI AKI, E.; MENDES, L. M. Utilização de extensores alternativos na produção de compensados multilaminados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n. 1, p.77-83, 2000.

JANKOWSKY, I. P. **Colagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 45p.

KELLY, M. W. **A Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards.** U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, 1977. 66p.

KOLLMANN, F.; KENZI, P.; STAMM, A. **Principles of wood science and technology II.** Wood based materials. New York, 1975. 703p.

LATORRACA, J. V.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica (RJ), v. 07, n. 01, p. 279- 291, 2000.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. de C. O. Características anatômicas e química da madeira de clones de Eucalyptus e sua influência na colagem. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LOBÃO, M.S. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing.** Miller Freeman Inc., San Francisco, 1993. 689p.

MARRA, A. A. **Technology of Wood bonding: principles and practice.** Van Nostrand Reinhold, New York, 1992. 453p.

MARTINOTO, C., PAIVA, R., SOARES, F. P., SANTOS, B. R., & NOGUEIRA, R. C. Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). **Boletim Técnico**. 1-21p. Lavras-MG, 2008

MATOS, J. L. M. **Ciclo da prensa em chapas de partículas estruturais Waferboards.** 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard.** Illinois: Southern Illinois University Press, 1974. v. 1. 244p.

NOCE, R.; CARVALHO, R. M. M. A.; CANTO, J. L.; SILVA, M. L.; MENDES, L. M. Medida de desigualdade do mercado internacional de compensado. **Revista Cerne**, v. 13, n. 1, p. 107 - 110, 2007.

OLIVEIRA, B. G. **Uso de painel laminado de *Pinus taeda* na produção de shape para Skateboard.** 84p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

OLIVEIRA, J.T.S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hill.)** 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

PALMASOLA – Palmasola madeiras e agricultura. Painéis compensados. Disponível em: < <http://www.palmasola.com.br>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

PITZAHN, DELESPINASSE, RODRIGUES: Entendendo a indústria de serrados compensados. **Revista informativa STCP.** pag.40. Curitiba-PR. 2007/2008.

POLLNOW, R. K. **Painéis de *Pinus taeda* produzidos com resina ureia-formaldeído e diferentes proporções de resina à base de tanino compensados.** 53p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

PRATA, J. G. **Desempenho de um sistema de qualidade em uma fábrica de painéis compensados.** 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

REMADE. Revista da Madeira: **Diversidade de produção amplia usos no setor.** Edição nº 95. Abril, 2006.

RIBASKI, Nayara Guetten. **Aspectos mercadológicos da produção de compensados do Estado do Paraná.** 93p. Dissertação (Mestrado em ciências florestais) – Universidade Estadual do Centro-oeste, Unicentro, Irati, 2012.

SILVA, B. C., VIEIRA, M. C., OLIVEIRA, G. L., GONÇALVES, F. G., RODRIGUES, N. D., LELIS, L. C. C., IWAKIRI, S. Qualidade de Compensados Fabricados com Adesivos à Base de Tanino-formaldeído de *Pinus oocarpa* e Fenol-formaldeído. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 511-519, 2012.

SILVA D. A. da, TOMASELLI I., IWAKIRI S. Influência da umidade na resistência da linha de cola e estabilidade dimensional do compensado utilizando resina de alta reatividade, **Scientia Forestalis**, IPEF – ESALQ – Universidade de São Paulo.nº54 p.69-80.dezembro de 1998.

SOARES, J.B. **O Caju: Aspectos tecnológicos**. Fortaleza : Banco do Nordeste do Brasil, 1986. 133-205p.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: structure, properties and utilization. New York, 1991. 494p.

VICK, C.B.; **Wood handbook – wood as an engineering material**. cap.9. Madison.1974.

Apêndices

Apêndice A – Análise de variância para variável massa específica nos tratamentos avaliados

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	P
Entre os grupos	0,0279564	3	0,0093188	9,51	0,0000
Dentro dos grupos	0,0519489	53	0,000980167		
Total	0,0799053	56			

Apêndice B – Análise de variância para variável absorção de água nos tratamentos avaliados

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	P
Entre os grupos	195,863	3	65,2878	3,33	0,0268
Dentro dos grupos	980,83	50	19,6166		
Total	1176,69	53			