

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA PAULA NAMIKATA DA FONTE

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA COLAGEM LATERAL DE PAINÉIS *EDGE*
GLUED PANELS (EGP) DE *Tectona grandis* PRODUZIDOS COM DIFERENTES
GRAMATURAS**

CURITIBA – PR

2014

ANA PAULA NAMIKATA DA FONTE

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA COLAGEM LATERAL DE PAINÉIS *EDGE*
GLUED PANELS (EGP) DE *Tectona grandis* PRODUZIDOS COM DIFERENTES
GRAMATURAS**

Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de “Engenheiro Industrial Madeireiro”.

Orientadora: Profª Drª Rosilani Trianoski
Coorientador: Prof Dr Rui André Maggi dos Anjos

CURITIBA – PR

2014

Dedico.

Aos meus pais, amigos e professores, tão importantes ao meu desenvolvimento profissional e pessoal.

RESUMO

A madeira de teca (*Tectona grandis*) é muito apreciada pelo seu aspecto estético, bem como suas propriedades físicas e anatômicas. Pela sua estabilidade dimensional e coloração é muito indicada para compor painéis de EGP (*Edge Glued panels*) e móveis finos. A confecção de painéis colados lateralmente é uma forma de se utilizar os materiais considerados como residuais. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a resistência ao cisalhamento sob o efeito da gramatura. Para a realização deste trabalho foi utilizada madeira de teca e adesivo Polivinil Acetato (PVAc), produzido pela indústria de adesivos Henkel. A partir dos sarrafos, obteve-se a umidade de equilíbrio (COPANT 459/1972) a massa específica aparente (COPANT 461/1972) e o teor de umidade (COPANT 460/1972). Os sarrafos foram colados utilizando-se quatro gramaturas (100, 140, 180 e 200 g/m²). A qualidade de colagem dos corpos de prova foi avaliada segundo a norma CEN/TS 13354:2003. Os dados foram avaliados a partir dos valores médios, mínimos, máximos e coeficiente de variação das propriedades, e também submetidos à análise estatística por meio dos testes de Grubbs, Bartlett, Anova em arranjo fatorial e comparação de médias de Tukey, todos a partir do pacote estatístico *Statgraphics Centurion XVI*, a 95% de probabilidade. Os resultados obtidos indicaram que a massa específica aparente da madeira de *Tectona grandis* foi de 0,559 g/cm³, teor de umidade médio de 7,74%. As juntas coladas apresentaram resistência ao cisalhamento de 0,924 MPa para o estado úmido e de 5,43 MPa para a condição seca. De maneira geral não houve influência estatisticamente significativa entre as médias das diferentes gramaturas utilizadas sobre a qualidade da colagem de painéis EGP. Além disso, nenhuma das gramaturas testadas atingiu os requisitos mínimos de resistência estabelecidos pela norma CEN/TS 13354:2003. No entanto, o adesivo estudado atende as necessidades do mercado brasileiro.

Palavras-chave: *Tectona grandis*, Painel colado lateralmente, Polivinil Acetato, gramatura.

ABSTRACT

The teak (*Tectona grandis*) is highly appreciated for its aesthetic appearance as well as their physical and anatomical properties. For its dimensional stability and color is very suitable for composing panels EGP (*Edge Glued panels*) and furniture. The fabrication of edge glued panels is a way to use the materials considered as waste. This work aimed to evaluate the shear strength under the effect of weight. For this work teak wood and adhesive Polyvinyl Acetate (PVAc), produced by Henkel adhesives industry was used. From the wood slats, obtained the equilibrium moisture content (COPANT 459/1972) the bulk density (COPANT 461/1972) and the moisture content (COPANT 460/1972). The battens were bonded using four weights (100 and 140.180. 200 g/m²). Bonding quality of the specimens was evaluated according to CEN / TS 13354:2003. Data were evaluated from the mean, minimum, maximum and coefficient of variation values of the properties, and also subjected to statistical analysis using Grubbs tests, Bartlett, a factorial ANOVA and Tukey's comparison, all from the statistical package Stat graphics Centurion XVI at 95% probability. Results indicated that the specific gravity wood *Tectona grandis* was 0.559 g / cm³, average moisture content of 7.74%. Glued joints showed shear strength of 0,924 MPa for the wet state and 5.43 MPa for the dry condition. Overall there was no statistically significant influence between the means of the different weights used on the quality of bonding EGP panels. Furthermore, none of the tested weights reached the minimum strength requirements established by CEN / TS 13354:2003. However, studied the adhesive meets the needs of the Brazilian market.

Key words: *Tectona grandis*, Edge Glued Panels, Polyvinyl Acetate.

LISTA DE SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente;

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas;

COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas;

EGP – “*Edge Glued Panel*” - Painel Colado Lateralmente;

EN – “*European Normative*” - Normativa Européia;

PMVA – Produto de Maior Valor Agregado;

PVAc – Polivinil Acetato;

LISTA DE UNIDADES

cP – centipoises;

g/m² – gramas/metro quadrado;

°C – graus Celsius;

ha – hectares;

kg – quilogramas;

kgf/cm² – quilograma força/centímetro quadrado;

km² – quilômetro quadrado;

kPa – quilopascal;

m – metro;

m³ – metro cúbico;

MPa – megapascal;

mPa . s – milipascal . segundo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 A MADEIRA DE <i>Tectona grandis</i>	4
3.2 ADESIVO POLIACETATO DE VINILA	5
3.2.1 Propriedades dos adesivos	5
3.2.1.1 Gramatura	6
3.3 PAINÉIS DE MADEIRA COLADOS LATERALMENTE	7
3.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DOS PAINÉIS EGP	7
3.4.1 Propriedades da madeira	7
3.4.1.1 Propriedades químicas	8
3.4.1.2 Propriedades físicas	10
4 MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 MATERIAL UTILIZADO	11
4.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ADESIVO POLIVINIL	11
4.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA	12
4.3.1 Determinação da massa específica aparente	12
4.3.2 Determinação do teor de umidade	13
4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS	13
4.5. PRODUÇÃO DOS PAINÉIS	14
4.6 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS JUNTAS COLADAS	16
4.6.1 Determinação da massa específica aparente	16
4.6.2 Determinação do teor de umidade	16
4.6.3 Determinação da resistência ao cisalhamento	16
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ADESIVO	19
5.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA	19
5.2.1 Massa específica aparente e teor de umidade	19

5.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	21
5.4 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	22
6 CONCLUSÕES	26
7 RECOMENDAÇÕES.....	27
8 REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

O setor madeireiro no Brasil tem se deparado com dificuldades na obtenção de madeiras de lei devido à baixa oferta dos reflorestamentos e pela exploração seletiva das florestas nativas em áreas cada vez mais abrangentes. Por isso, o reflorestamento representa uma alternativa para diminuir o desmatamento e atender à legislação brasileira, a qual obriga a reposição florestal (CALDEIRA et al, 2000).

Atualmente, existe uma crescente preocupação no que se refere à capacidade de preencher os requisitos necessários para à fabricação de um determinado produto. Deste modo, conhecendo-se a matéria-prima, de origem certificada através de controle tecnológico adequado, possibilitando obter um produto de qualidade (PINTO, 2007).

A madeira de teca (*Tectona grandis*) é muito apreciada por apresentar características estéticas únicas e estabilidade dimensional, além da qualidade da madeira ser considerada muito elevada. Por tais características, a teca é considerada uma madeira excelente para a confecção de móveis finos, piso e painéis de madeira colada lateralmente (EGP) explica Macedo et al, (2005). Essa espécie, quando aplicada a painéis de EGP, é muito valorizada, pela sua tonalidade que vai da madeira clara em tom pastel até o marrom escuro. Além de sua estabilidade dimensional proporciona uma colagem com menor incidência de defeitos entre as uniões de sarrafos.

Os EGP (*Edge Glued Panels*) são uma alternativa para um futuro sustentável, visto que há preocupação com a melhor utilização de matéria prima, visando o mínimo de subproduto. O painel EGP para Conti (2011) oferece uma gama extensa de aplicações, que podem moldar objetos para depois serem torneados ou ainda componente de mobílias e artefatos decorativos como o painel propriamente dito, e cada uma dessas aplicações tem necessidades especiais como resistência a umidade, resistência mecânica ou até mesmo à exposição solar, o que exige que as indústrias invistam cada vez mais em pesquisa e desenvolvimento para elevar a qualidade de seus produtos.

A produção de painéis EGP deve se preocupar com fatores que interferem na qualidade de colagem, como a qualidade da superfície a ser colada, o adesivo utilizado e suas especificações, a gramatura administrada na colagem, o método de

prensagem utilizado, o teor de extrativos que podem dificultar a penetração de adesivo na madeira, bem como a procedência e armazenamento da madeira empregada (GUERRA, 2010).

A gramatura é uma variável que pode alterar a resistência mecânica de um painel, tanto quanto se for utilizado adesivo em quantia menor que o ideal, bem como se for utilizada uma quantidade excedente ao recomendado informa Bila (2014). Para tanto, é importante ter precisão na dosagem da gramatura para obter uma colagem com a melhor qualidade possível. E essa gramatura, pode ser estabelecida em função da espécie de madeira e do produto final para que utilize a menor quantidade de cola sem prejudicar a resistência do produto final.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem por objetivo analisar o efeito da aplicação de diferentes gramaturas sobre a qualidade de juntas coladas de *Tectona grandis*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a propriedade de massa específica da madeira de *Tectona grandis*.
- Avaliar o teor de extrativos da madeira de *Tectona grandis*.
- Avaliar a qualidade de colagem por meio do ensaio de resistência ao cisalhamento da linha de cola.
- Avaliar o efeito da gramatura sobre a resistência ao cisalhamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A MADEIRA DO GÊNERO *Tectona grandis*

A *Tectona grandis* é nativa das florestas tropicais da Índia, Mianmar, Tailândia e Laos, situadas no sudeste asiático. As regiões de ocorrência natural exibem uma grande variação climática, comprovando ser uma espécie de fácil adaptabilidade (ABRAF, 2013).

Segundo a ABRAF (2013), as florestas de teca no Brasil, representam uma área plantada de 67.000 ha e esta espécie é a 6ª mais plantada no Brasil, principalmente nos estados de Mato Grosso, Pará e Roraima (SFB, 2013).

No Brasil, os plantios comerciais iniciaram-se no final da década de 1960, no município de Cáceres – Estado do Mato Grosso, onde as condições naturais são semelhantes às dos países de origem da espécie (MATRICARDI, 1989). Nesses plantios, a espécie alcançou o diâmetro de corte em 25 anos, 24 m³/ano por hectare comenta Shimizu et al. (2007). Na Ásia seu ciclo de corte e rotação é variável entre 60 a 100 anos. Em virtude desse fato, o Mato Grosso possui boa produção com reflorestamento dessa madeira, com um dos menores custos do mundo (FLORESTAL 1997).

Sua madeira tem por características ser leve, resistente, estável, durável, fácil de trabalhar, agradável visual, características e propriedades que lhe tem conferido valorização desde a Antiguidade. É uma árvore de grande porte, tronco retilíneo e de rápido crescimento e contém um óleo que impede a corrosão de pregos. (PINTO, 2007). Seu alborno é estreito e claro, bem distinto do cerne, cuja coloração é marrom viva e brilhante explica Chagas (2013). A durabilidade do cerne deve-se a tectoquinona, um extrativo contido nas células da madeira (LAMPRECHT, 1990).

Conforme Pinto (2007), a madeira de teca não empena e pouco se contrai durante a secagem; é imune ao ataque de cupins e outros insetos e pode ser enterrada ou exposta ao tempo sem deteriorar-se.

3.2 ADESIVO POLIACETATO DE VINILA (PVA)

Segundo Conti (2011) o adesivo à base de acetato de polivinila (PVA) é um dos mais utilizados pela indústria. O adesivo vinílico é um produto sintético, produzido a partir da polimerização do acetato de vinila disperso em água. Os adesivos vinílicos são utilizados na colagem de madeiras na montagem de painéis sarrafeados, no revestimento, na união de juntas de topo ou lateral e de outros painéis com lâmina de madeira na montagem de produtos. Este polímero é um excelente adesivo, possui boa resistência a solventes, óleos e graxas e sua resistência a passagem de oxigênio é superior a de qualquer polímero conhecido. O acetato de polivinil (PVA) é um adesivo termoplástico, pertencente à família dos ésteres polivinílicos, também conhecidos como borracha sintética. São muito empregados em colagem de madeira, na qual a cura é realizada através da perda do solvente dispersante. Tem vida útil longa, e possui alta estabilidade química e física. É muito resistente à ação de micro-organismos, apresentam boas propriedades de contato e prensagem (JESUS, 2000).

Heinrich (2001), cita como vantagens dos adesivos PVAc a praticidade para o uso, um baixo tempo de processo, formam uma união flexível, pouco abrasiva e transparente, segurança e facilidade de manuseio, inodoro e não inflamável, baixo custo e rápida secagem são fáceis de limpar e permitem um elevado tempo de armazenagem; como desvantagens são termoplásticos e sofrem fadiga.

3.2.1 Propriedades dos adesivos

As propriedades mais comuns de um adesivo é sua viscosidade, teor de sólidos e o pH.

A viscosidade é classificada como a resistência de um líquido escoar. (PETRIE, 2000). Segundo Iwakiri (2005), a viscosidade dos adesivos PVAc encontra-se na faixa de 6000 cPs a 8000 cPs, a uma temperatura de 25°C. Essa propriedade influencia em vários aspectos na colagem, onde, a alta viscosidade dos adesivos pode resultar em:

- Maior dificuldade de espalhamento devido à baixa fluidez;

- Desfavorecimento das condições de umectação

- Menor penetração do adesivo na estrutura capilar da madeira, formando uma linha de cola mais espessa, ocasionando ligação insuficiente no sistema madeira - adesivo e qualidade inferior da colagem.

Por outro lado, a baixa viscosidade do adesivo pode proporcionar maior penetração do adesivo e sua absorção pela madeira e, em situação extrema poderá resultar em linha de cola “faminta” (IWAKIRI, 2005). A viscosidade é bastante variável com a temperatura podendo apresentar-se menor quando sob temperaturas mais elevadas e mais viscoso quando em ambientes com baixas temperaturas.

De acordo com Bandel (2001), quanto maior for à quantidade de água, menor o teor de sólidos na resina, mais lenta será a velocidade de formação da película devido ao maior tempo de evaporação da água, ou seja, o teor de sólidos está diretamente relacionado com a velocidade de formação da película adesiva. Segundo Iwakiri (2005), o teor de sólidos de adesivos PVA é na faixa de 51 a 55%.

Em se tratando de colagem de madeiras Endo (2013) informa que é importante considerar a influência do pH, tanto da madeira como da resina. O mesmo autor comenta que o pH do adesivo não deve ultrapassar a faixa de 2,5 a 11, visto que podem acarretar a degradação das fibras de madeira. Um pH muito baixo pode resultar em formação excessiva de espuma prejudicando o aproveitamento do adesivo. Em adesivos de acetato de polivinila (PVA) o pH é, geralmente, na faixa de 4 a 5, à 25°C(ENDO, 2013).

3.2.1.2 Gramatura

Pode ser observada uma dependência entre a porosidade da madeira e a viscosidade do adesivo quando se avalia a influência da gramatura sobre a linha de cola, resultando em distintos níveis de penetrabilidade nos poros da madeira; conseqüentemente, gerando linha de cola faminta ou muito espessa. Se ocorrer o caso de linha de cola faminta, a resistência da colagem poderá ser afetada. Se a linha de cola for muito espessa, pode ocorrer derramamento do adesivo em excesso pelas bordas das juntas coladas, acarretando um prejuízo em termos de desperdício de adesivo (MARRA, 1992).

Quando a gramatura for superior ao recomendado, há um aumento da quantidade de água na linha de cola, a qual se transforma em vapor, podendo resultar em estouro e delaminação do painel após a retirada do mesmo da prensa (SCHULTZ, 2008).

3.3 PAINÉIS DE MADEIRA COLADOS LATERALMENTE

O Painel Colado Lateralmente ou *Edge Glued Panel* (EGP) é caracterizado segundo Bila (2014) como sendo um grupo de sarrafos de madeira colados lateralmente, sendo sua adesão realizada com o auxílio de adesivos, compondo um painel. Nos sarrafos utilizados pode existir união de topo, que pode ser reta ou do tipo *finger-joint*. De acordo com a ABIMCI (2007), estes painéis são classificados como Produto de Maior Valor Agregado “PMVA”. O EGP é vastamente empregado na confecção de móveis, portas, pisos e também na construção civil. A qualidade deste produto, conforme Bila (2014) está relacionada à presença de defeitos observados nos sarrafos constituintes do painel.

Conti (2011) comenta que parte dos problemas em relação ao uso da madeira serrada com madeiras difícil trabalhabilidade poderia ser resolvido utilizando-as em configuração de painéis sarrafeados compostos de ripas ou sarrafos colados lateralmente, assim como os produtos conhecidos mundialmente por: “*Parallel strand lumber (PSL)*”, “*Edge glued panel (EGP)*”, “*Laminboard*” e “*Block boards (BB)*”. Tal hipótese desenvolveria uma malha de propensão a anular as possibilidades das diferentes formas de instabilidade dimensional, a fim de que a instabilidade de uma determinada peça proporcione à anulação da tendência a instabilidade de outra peça adjacente.

3.4 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DOS PAINÉIS EGP

3.3.1 Propriedades da madeira

Para aperfeiçoar a utilização de um material, é importante conhecer suas propriedades, a fim de prognosticar seu comportamento em diferentes utilizações.

Segundo Korkut e Guller (2008), há uma forte ligação entre as propriedades da madeira e a qualidade da madeira.

De acordo com Albuquerque e Latorraca (2005), as principais características da madeira que afetam a adesão e colagem são a densidade, porosidade, permeabilidade, pH, teor de umidade, tipo de grã, a textura, topografia da superfície de colagem, tipo de extrativo e variabilidade das espécies. Gillespie, Countryman e Blomquist (1978) relatam que a densidade afeta a penetração do adesivo e a presença de extrativos pode causar decréscimo no umedecimento e interferir na reação de polimerização do adesivo, gerando uma colagem de qualidade inferior.

3.3.1.1 Propriedades químicas

A variabilidade da composição química da madeira tem influência direta sobre sua utilização industrial, nos mais variados setores industriais, desde a indústria de celulose e papel até a aplicação na geração de energia (BRAND; MUNIZ, 2012).

Quimicamente, a madeira, em geral, pode ser definida pelos seguintes elementos: a celulose (60-75%), a lignina (20-30%), os extrativos (1-10%) e as cinzas (0,1 – 0,5%). Com exceção das cinzas, os outros três componentes conferem grande influência não só para a formação da linha de cola, mas também para a performance da união colada (MARRA, 1992).

Dentre os componentes acidentais, os orgânicos são denominados extrativos, por serem extraídos com solventes orgânicos e neutros (BRAND; MUNIZ, 2012). Os extrativos não são considerados composição da madeira, porém estão impregnados no seu lúmen e na parede celular. São constituídos de diferentes composições químicas, como por exemplo, graxas, óleos, gorduras, taninos, resinas (TSOUMIS, 1991). A quantidade de extrativos da madeira segundo Nurmi (1992) varia de 3,5 a 5,4% para coníferas e de 4,4 a 7,5% para folhosas.

De acordo com Marra (1992), os extrativos são formados durante a formação do cerne e, produzem efeitos na higroscopicidade, permeabilidade e durabilidade da madeira, aumentando as duas primeiras propriedades e diminuindo a última.

A concentração de extrativos nas camadas superficiais da madeira pode dificultar a passagem da água e retardar a taxa de evaporação, formando a chamada “superfície inativa ou contaminada” e aumentando o tempo de prensagem (IWAKIRI, 2005). Ainda conforme o mesmo autor, os adesivos alcalinos são mais tolerantes às superfícies “contaminadas” do que os adesivos ácidos, além de possuírem a habilidade de desobstruir a superfície para melhor penetração em áreas não contaminadas.

Lima et al. (2008), relata que em função da quantidade e do tipo do extrativo presente na madeira, é possível ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo influenciando conseqüentemente a qualidade de colagem.

Sjöström (1981) afirma que o teor de extrativos é em geral inferior a 10%, no entanto, as madeiras tropicais podem apresentar maiores quantias acarretando maiores dificuldades de colagem. Por outro lado, Moslemi (1974) menciona que o elevado teor destes componentes pode reduzir consideravelmente a resistência à adesão interna (que se caracteriza em uma linha de cola de baixo desempenho) ou ainda proporcionar um relativo aumento na resistência à umidade.

Podem ocorrer mudanças de pH dentro de uma peça de madeira, em função da migração de extrativos de camadas mais internas para camadas superficiais alterando as condições de colagem (IWAKIRI, 2005). Normalmente o pH do alburno encontra-se entre 5 e 6 para a maior parte das espécies e o pH do cerne alcança valores de 3 a 4 (JONHS; NIAZI, 1980). Este aumento do pH no sentido medula-casca é devido à maior quantidade de extrativos no cerne (STEWART et al., 1961). O pH pode proporcionar o pré-endurecimento do adesivo impedindo a habilidade de fluidez, umectação e penetração (IWAKIRI, 2005).

Já os componentes inorgânicos, denominados cinzas, por se constituírem de sais minerais que participam da nutrição da planta (BRAND; MUNIZ, 2012), não afetam diretamente a performance da ligação adesiva (IWAKIRI, 2005), no entanto podem interferir no desgaste das ferramentas de corte. Geralmente o conteúdo de cinzas na madeira encontra-se abaixo de 0,5% (IWAKIRI, 2005).

3.3.1.2 Propriedades físicas

As propriedades físicas da madeira mais importantes em termos de colagem de madeiras são a densidade e o teor de umidade. Estas propriedades afetam de formas distintas a mobilidade do adesivo e tensões na linha de cola (IWAKIRI, 2005).

A massa específica da madeira representa uma relação inversa com a porosidade e a capacidade de penetração de adesivo na sua estrutura lenhosa (IWAKIRI, 2005). Segundo o mesmo autor, na madeira de baixa massa específica ocorre maior penetração do adesivo podendo resultar em uma linha de cola “faminta”. Não obstante, Marra (1992) afirma que, o aumento da massa específica tende a aumentar a resistência da linha de cola, principalmente na faixa de massa específica de 0,7 e 0,8 g/cm³. A partir deste ponto existe uma tendência de diminuir a resistência à ligação colada.

Segundo Iwakiri (2005) comparando-se o cerne com o alborno, nota-se que o cerne é mais denso, menos permeável, apresenta maior dificuldade de secagem, na absorção de produtos preservativos, na penetração de adesivo e apresenta maior concentração de extrativos. Tais atributos reduzem a mobilidade do adesivo e podem prejudicar as reações químicas de cura do adesivo.

Segundo Marra (1992), mudanças no teor de umidade sempre causam alteração dimensional e estas induzem tensões na linha de cola, efeito que é mais pronunciado em madeiras de alta massa específica. Selbo (1975), afirma que se a madeira estiver seca demais, ela retira muito rapidamente da água da linha de cola. A adesão é alta, mas a cola logo desaparece, começando o processo de cura, o adesivo não é mais capaz de preencher e umectar sob pressão na prensa. No caso de alta umidade da madeira, a cura e a secagem da linha de cola serão deficientes; o tempo de prensagem será longo, com baixa resistência da linha de cola, havendo com isso formação de bolhas de vapor durante a prensagem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL UTILIZADO

A espécie utilizada neste estudo foi a *Tectona grandis* por ser uma espécie muito apreciada para gerar produtos de maior valor agregado. Os sarrafos são provenientes de uma doação feita pela Henkel de sarrafos armazenados para realizar testes. O adesivo utilizado no experimento foi o Polivinil acetato (PVAc) de classificação D3 (indicado para uso interno), de fabricação da empresa Henkel.

Inicialmente, as peças de madeira selecionadas apresentavam dimensões variadas, onde para uniformizar e padronizar as dimensões do material, foram aplainadas com dimensões de 26 x 5 x 2 cm, para realizar a colagem dos painéis.

4.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ADESIVO POLIVINIL ACETATO

As propriedades do adesivo Polivinil Acetato (PVAc) foram avaliadas através da determinação da viscosidade do adesivo, densidade, pH do adesivo e teor de sólidos conforme figura 1. Essas propriedades foram medidas de acordo com as normas EN 19.092:2000, EN 542:, EN 542:2003, EN 12.145:2001 e EN 827:2006.



Figura 1 Procedimentos de avaliação das propriedades do adesivo

4.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA MADEIRA

4.3.1 Massa específica da madeira

Os sarrafos foram dimensionados e posteriormente foram acondicionados em câmara climática, com condições ambientais constantes de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $65\pm 5\%$ de umidade relativa com a finalidade de se obter umidade de equilíbrio de 12%, de acordo com o a norma COPANT 459/1972 – *Acondicionamento de madeiras destinadas a ensaios físicos e mecânicos*.

Após a climatização todos os sarrafos foram mensurados segundo os procedimentos da norma COPANT 461/1972, para a obtenção da massa específica aparente.

4.3.2 Teor de umidade

O teor de umidade foi obtido a partir de peças amostradas no lote de sarrafos. A determinação dessa propriedade seguiu a metodologia indicada pela norma COPANT 460/1972 - *Método de determinación de la humedad*.

4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS

A composição química quantitativa da madeira foi avaliada através da determinação dos extrativos da madeira em água fria e quente; em hidróxido de sódio a 1%, em etano-tolueno, extrativos totais, teor de lignina e teor de cinzas. Essas propriedades foram analisadas segundo as normas conforme a figura 2 TAPPI T 207; TAPPI 212, NBR 14853, TAPPI 211 e NBR 7989, respectivamente (TAPPI, 1994a, b, c; ABNT, 2002 e ABNT 2001).

Para a determinação do pH da madeira, foi efetuada adaptação da Norma TAPPI 252:2002. Foram pesados 2g de serragem absolutamente seca, as quais foram transferidas para *erlenmeyer*, sendo posteriormente adicionados 100 ml de água destilada. O material foi conservado sob fervura em banho maria durante 1 hora, onde após o resfriamento a temperatura ambiente (23° - 24°C), foram executadas as medições. As leituras foram efetuadas em pHmetro digital após o intervalo de 2 e 24 horas.

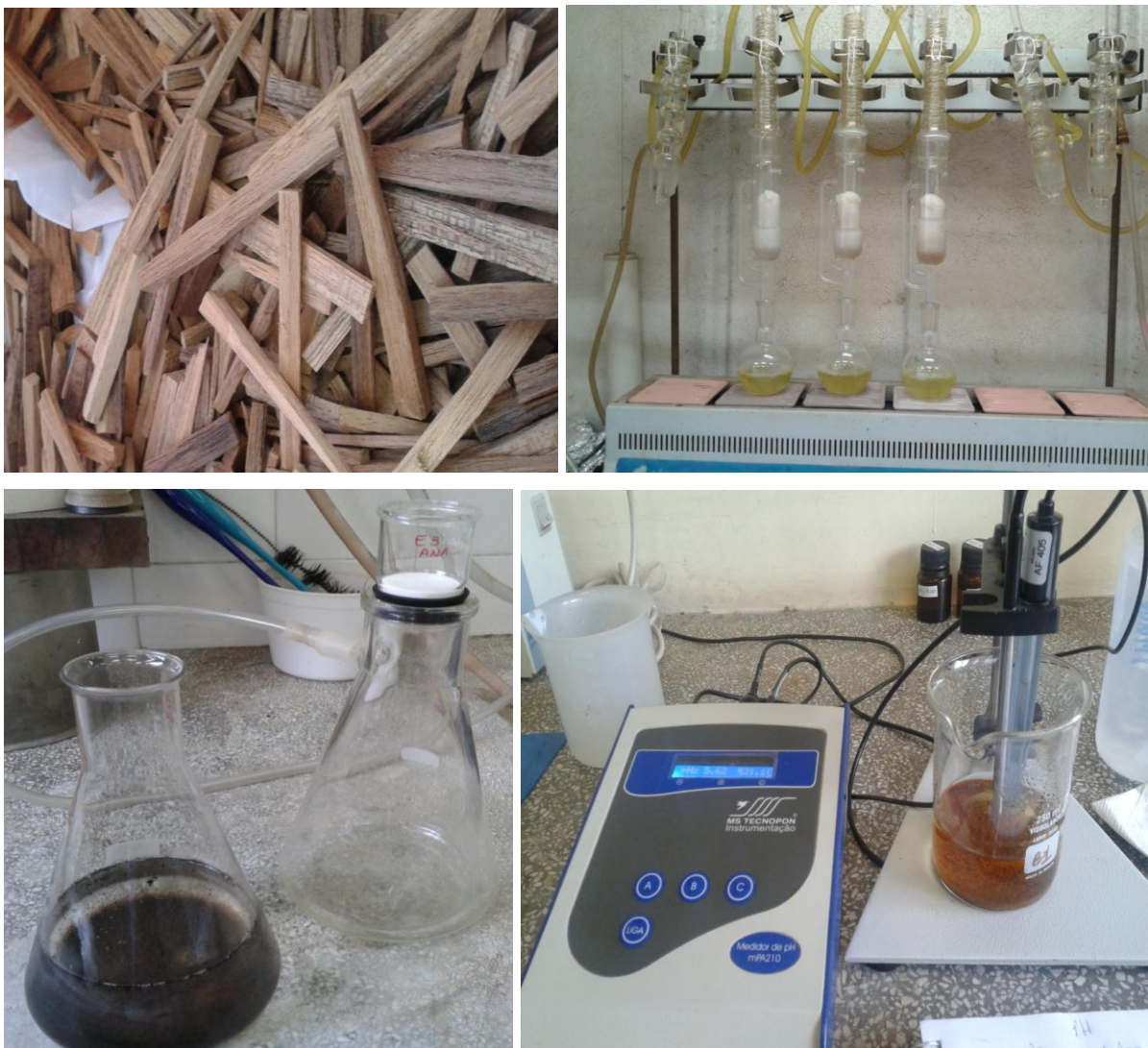


Figura 2 Procedimentos de avaliação das propriedades químicas da madeira

4.5 PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

Para a montagem dos painéis, utilizaram-se amostras de teca, as quais foram processadas conforme descrito no item 4.1. Após a climatização, foram selecionados os melhores sarrafos, onde também se identificou a melhor face de colagem. O delineamento experimental é apresentado na **TABELA 1**.

TABELA 1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Tratamento	Gramatura (g/m ²)
1	100
2	140
3	180
4	220

Fonte: Autor (2014)

O adesivo foi aplicado nos sarrafos com o auxílio de um rolo de espuma, para maior homogeneidade e sua distribuição foi controlada visualmente. A gramatura foi controlada através de uma balança digital com capacidade para 2500g e precisão de 0,5g. Para obter a quantidade de adesivo (em gramas) a ser aplicada sobre a madeira utilizou-se a seguinte expressão (vide equação 1):

Equação 1 Peso de adesivo a ser adicionado

$$Pa = g \times A$$

Onde:

Pa = Peso de adesivo a adicionar na colagem

g = Gramatura escolhida

A = Área transversal

A seguir, pesavam-se as duas peças a serem unidas, e somavam-se esse peso ao Pa obtido na equação 1, resultando em um peso a ser atingido, o qual era controlado através da balança digital.

Os parâmetros de prensagem foram pré-estabelecidos de acordo com as especificações utilizadas pela indústria. Foi utilizado o sistema de prensagem a quente (alta frequência), cuja temperatura foi de 90°C, pressão superior foi de 0,8 MPa e tempo de 2,5 minutos, não havendo pressão lateral. Os painéis foram colados no Laboratório de Aplicações para a Madeira da Henkel Ltda., fabricante dos adesivos utilizados neste trabalho, situado na cidade de Curitiba – PR.

Após a prensagem, os painéis foram climatizados por 7 dias para cura total do adesivo e posteriormente seguiram para a confecção dos corpos de prova.

4.6 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS JUNTAS COLADAS

4.6.1 Determinação da massa específica aparente

Após a realização da colagem dos sarrafos e climatização, as juntas coladas foram aplainadas e seccionadas para a obtenção dos corpos de prova. A massa específica aparente foi determinada após esse período, seguindo os procedimentos da norma EN 323 – *Determinação da massa volúmica*.

4.6.2 Determinação do teor de umidade

O teor de umidade dos corpos de prova foi obtido após o ensaio de cisalhamento, e seguiu os procedimentos indicados pela norma EN 322 – *Determination of moisture content*.

4.6.3 Determinação da resistência ao cisalhamento

O desempenho da qualidade da linha de cola dos painéis foi determinado com o auxílio da norma CEN/TS 13354:2003 “*Solid wood panel – Bonding quality – test method*” De acordo com essa norma, parte dos corpos de prova devem ser submetidos a um pré tratamento que consiste na imersão do material em água a uma temperatura de 20°C durante 24h antes de realizar os ensaios. Contudo, no estudo em questão, para efeitos de investigação dos valores de resistência da linha de cola, organizaram-se também corpos-de-prova para serem ensaiados sem o tratamento recomendado, ou seja, os ensaios realizados à seco, em temperatura ambiente, como informado na **TABELA 2**. Foram utilizados 16 corpos de prova para o ensaio à seco e 16 corpos de prova para o ensaio em estado úmido por tratamento, totalizando 128 corpos de prova para todas as gramaturas.

TABELA 2 PRÉ-TRATAMENTOS ESTABELECIDOS PELA NORMA CEN/TS 13354:2003E.

Pré-tratamento	Características
1° pré-tratamento	7 dias de climatização
2° pré-tratamento	24 horas em imersão em água

Fonte: CEN/TS 13354:2003E

Os ensaios para determinação da resistência a tração da linha de cola foram realizados em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC com capacidade de 2 Tf equipada com célula de carga com capacidade de 2000 kgf, conforme mostra a figura 3, pertencente ao Laboratório de Painéis de Madeira da UFPR.

A porcentagem de falha na madeira foi obtida pela inspeção de cada corpo de prova após os ensaios de resistência a tração da linha de cola atribuindo-se valores à porcentagem de falha (baseando-se em ilustrações de referência da norma ABNT NBR ISO 12466-1:2006).



Figura 3 Corpo de Prova e máquina EMIC realizando ensaio de resistência ao cisalhamento

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados dos ensaios foram submetidos à análise estatística, obtendo-se valores médios, mínimos e máximos, bem como o Teste de Grubb's para avaliar a ocorrência de *outliers*, Teste de Bartlett para verificar a homogeneidade de variância e Análise de variância. Quando a Anova indicou a ocorrência de diferença estatística significativa em alguma das propriedades avaliadas procedeu-se o teste

de comparação de médias de Tukey. Todos os testes foram efetuados a partir do pacote estatístico *Statgraphics Centurion XVI*, a 95% de probabilidade, sendo o nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ADESIVO

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, são mostrados os valores médios das propriedades dos adesivos obtidos em laboratório e os respectivos valores especificados pelo fabricante.

TABELA 3 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DO ADESIVO POLIACETATO DE VINILA (PVAc)

Propriedade	Valor Médio ¹	Fabricante ²
Teor de sólidos (%)	47	42 – 47
Viscosidade (cPs)	6.034	3.500 – 7.000
pH	4,2	3,5 – 4,5
Densidade (g/cm ³)	1,07	1,05 – 1,10

¹ Valor médio obtido em laboratório pela autora; ² Valor médio especificado pelo fabricante.

Fonte: O autor (2014)

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que os valores das propriedades determinadas em laboratório coincidem com os especificados pelo fabricante, indicando que o adesivo apresenta-se adequado para a aplicação, bem como, que não haverá influência negativa sobre a qualidade de colagem das juntas.

O não atendimento às especificações poderia resultar em problemas como, degradação da madeira ou a dificuldade na aplicação do adesivo devido à relação madeira - adesivo, linha de cola faminta ou espessa, baixa coesão e resistência da linha de cola.

5.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

5.2.1 Massa específica aparente e teor de umidade

Na **TABELA 3**, são apresentados os valores médios da massa específica e os valores médios do teor de umidade dos sarrafos utilizados na confecção dos painéis *Edge Glued Panels*.

TABELA 3 - RESULTADOS MÉDIOS DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE (12%) E O TEOR DE UMIDADE DAS AMOSTRAS DE *Tectona grandis*

Propriedades	Massa específica (g/cm ³)	Teor de umidade (%)
Média	0,559	7,74
Mínimo	0,474	6,62
Máximo	0,666	9,64
CV (%)	6,39	10,5

Fonte: Autor (2014)

A madeira de *Tectona grandis* empregada nesta pesquisa apresentou massa específica aparente média de 0,559 g/cm³, onde os valores apresentaram variação de 0,474 g/cm³ a 0,666 g/cm³.

Segundo resultados apresentados pelo trabalho de Silva (2010), a massa específica média encontrada para *Tectona grandis* L.f. foi 0,496 g/cm³, valor menor do que o obtido por esse estudo. Os valores médios apresentados para a massa específica são semelhantes aos valores obtidos por Moreno e Roque (2006) com representantes de 8 anos de idade, e Gutiérrez et al.(2008) com teca de 18 a 22 anos de idade, e inferiores ao apresentado por Illic (2003) em estudos com *T. grandis* proveniente de Myanmar. Os valores médios para a massa específica encontrados são inferiores aos encontrados por Lima et al. (2009) o qual utilizou 3 espaçamentos de plantio(3 x 1,5 m; 3 x 2 m e 3 x 2,5 m) e árvores com 31 anos de idade, que encontrou a mesma tendência de aumento da densidade aparente com a diminuição da densidade de plantio. A espécie apresenta densidade aparente média de 0,650 g/cm³ segundo estudos de Lamprecht (1990), onde os resultados obtidos neste trabalho apresentam-se similares, haja visto as variações decorrentes de clima, sitio, procedência, etc.

É possível observar que quanto menor a densidade da madeira, possivelmente maior será a sua porosidade, e conseqüentemente mais fácil o adesivo penetrará em sua estrutura, aumentando a coesão da colagem. Porém se a madeira apresentar uma massa específica muito baixa a tendência é de formar a linha de cola faminta, demandando mais quantidade de cola e prejudicando a qualidade da colagem. A madeira de teca é uma madeira considerada leve a moderada, sua densidade é média, o que possibilita uma boa interação com o adesivo, sem prejudicar a qualidade da colagem das juntas.

O teor de umidade médio obtido foi de 7,74%, onde os valores apresentaram uma variação de 6,62 % a 9,64% de umidade na madeira. Este resultado pode ser

considerado baixo tendo em vista que o teor de umidade indicado pelo fabricante para utilização deste adesivo é entre 8-12%.

5.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS

Na **TABELA** , são apresentados os resultados das propriedades químicas da madeira de *Tectona grandis* obtidos a partir de ensaios realizados no Laboratório de química da madeira da UFPR.

TABELA 5 - RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE *Tectona grandis*

Propriedades químicas	Valor médio (%)
Teor de extrativos em água fria	3,61
Teor de extrativos em água quente	4,97
Teor de extrativos em NaOH	15,42
Teor de cinzas	0,49
Teor de extrativos em etanol tolueno	5,25
Teor de extrativos totais	8,27
pH	4,74
Teor de lignina	33,97

Fonte: Autor (2014)

Os resultados obtidos demonstraram que a madeira de teca se apresentou dentro da média considerada para a espécie e de acordo com os valores indicados por Fengel e Wegener (1989) que relatam que para a *Tectona grandis* proveniente da Ásia os valores de extrativos totais variam de 1 a 13%, lignina variam de 29,3 a 39,1% e os valores de extrativos em água quente variam de 1,8 a 6,2%. Os valores se encontram de acordo com os valores descritos por Tsoumis (1991) que para as espécies folhosas os valores de extrativos em água fria variam de 0,2 a 8,9%, os valores de extrativos em água quente variam de 0,3 a 11%, os valores de lignina variam de 14 a 36,4%. O valor obtido para o pH da madeira de teca está dentro do intervalo relatado por Stamm(1964), o qual informa que o pH da madeira varia entre 3,5 a 5,5.

Segundo um estudo realizado por Pinto (2007), o valor para o teor de lignina encontrado para a madeira de teca com 5 anos foi de 32,95%, em árvores de 10 anos foi de 30,86 % e em indivíduos de 30 anos foi de 33,75%. Os valores resultantes dessa pesquisa foram equivalentes às árvores de *Tectona grandis* com 30 anos pesquisadas por Pinto (2007).

Guerra (2010) fez o experimento de extrativos em etanol tolueno em diferentes partes do tronco e obteve por resultado para o cerne interno 8,87 %, para

o cerne intermediário 8,79%, para o cerne externo 9,48% e 5,31% para o alburno. A madeira utilizada no experimento apresentou valor equivalente ao valor da madeira de alburno referente ao experimento de Guerra (2010).

As amostras ensaiadas estavam com todos os valores dentro o intervalo de variação, ou seja, os valores encontrados não são excessivamente alcalinos ou ácidos, o que poderia interferir na colagem. O alto teor de extrativos poderia interferir na reação de polimerização do adesivo. No que se refere aos extrativos, Lima et al (2007) comenta que em função da abundância e do tipo de extrativo da madeira, pode se observar uma interferência nas reações de polimerização do influenciando na qualidade de colagem. Para Moslemi (1974) o elevado teor de extrativos pode reduzir a resistência à adesão interna.

5.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

Na **TABELA** , são mostrados os valores médios da massa específica aparente, teor de umidade e da resistência ao cisalhamento no estado seco das juntas coladas.

TABELA 6- RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NO ESTADO SECO

Tratamento	Mas. esp. Ap. 12% g/cm ³	Teor de umidade (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil Inferior (MPa)	Falha (%)
1 – 100 g/m ²	0,567 a (3,63)	7,42 a (8,49)	3,02 a (50,79)	1,45	0
2 – 140 g/m ²	0,569 a (8,01)	7,99 a (2,53)	5,37 a (33,40)	2,99	11
3 – 180 g/m ²	0,551 a (4,26)	7,86 a (7,35)	5,43 a (64,87)	1,35	14
4 – 220 g/m ²	0,572 a (4,52)	8,07 a (8,90)	3,42 a (61,53)	1,36	15
F	0,82	2,39	2,75		
<i>p</i> -valor	0,4896 ^{ns}	0,0861 ^{ns}	0,0578 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade; Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação; ns: Não significativo.

Fonte: Autor (2014)

É possível observar na tabela 6 que a massa específica não variou estatisticamente, ou seja, a seleção e distribuição dos sarrafos em cada tratamento foram adequadas, eliminando a influência da massa específica sobre a penetração do adesivo e conseqüentemente sobre a resistência.

Apesar dos baixos teores de umidade medidos nos painéis, as médias foram estatisticamente iguais para todos os tratamentos, eliminando outra fonte de influência sobre os resultados de colagem.

Em relação ao ensaio de resistência ao cisalhamento no estado seco, pode-se observar que não houve diferença estatística significativa entre as médias dos diferentes tratamentos propostos, no entanto, foi notado um aumento da resistência com o acréscimo da gramatura até a utilização de 180 g/m². Já em relação à gramatura de 220 g/m².

Considerando o requisito mínimo da norma 13354:2003, nota-se que apesar desse comportamento em relação a resistência, somente a amostra com gramatura de 140 g/m² atendeu ao valor mínimo de 2,5 MPa do 5º percentil inferior, e os demais valores se mostraram abaixo dos valores instituídos pela norma, devido ao adesivo de baixa resistência. Porém, os valores das médias da resistência ao cisalhamento atendem ao requisito do mercado interno, são valores aceitos para o mercado brasileiro.

De acordo com essas informações, pode se levar em consideração que a gramatura de 140 g/m² é suficiente para uma colagem de boa qualidade, utilizando a menor quantia de adesivo a fim de evitar o desperdício. Apesar de não ter atendido aos valores da norma europeia, pode-se considerar que os ensaios atendem ao mercado interno e também ao mercado americano.

Em comparação com os estudos realizados por Almeida (2013), o qual obteve os valores de resistência ao cisalhamento em estado seco para painéis colados lateralmente com adesivo PVAc, gramatura de 180g/m² e prensados em prensa de alta frequência de 0,17 MPa para a madeira de Ipê e de 1,66 MPa para a madeira de Tauari com pressão de 6 kgf/cm², neste estudo com a madeira de Teca obteve-se um resultado melhor, de 5,43 MPa, além de um coeficiente de variação igual ou menor do que as espécies estudadas por Almeida (2013), o que demonstra um maior potencial de mercado para a madeira de Teca, além de existir uma grande área de florestas plantadas de *Tectona grandis*. Os valores obtidos pela teca foram maiores inclusive do que os valores dos ensaios de resistência ao cisalhamento em

estado seco realizados por Almeida (2013) com adesivo PVAc, gramatura de 150 e de 200g/m², e prensa fria das madeiras de Amendoim, Guajuvira, Ipê, Jatobá, Muiracatiara e Tauari (o maior valor de resistência ao cisalhamento em estado seco obtido foi de 4,26 com a madeira de Amendoim).

Em relação aos ensaios de resistência ao cisalhamento realizados por Prata (2010) com madeiras de pinus para se observar a influência da gramatura (utilizando-se gramaturas de 160 e 200g/m²), os resultados obtidos demonstraram valores menores dos valores resultantes dos ensaios com a teca, para a gramatura de 160g/m² o valor foi de 2,56 MPa e a gramatura de 200 g/m² resultou em 2,67 MPa de resistência, enquanto que os valores com a madeira de teca variaram entre 3,02 e 5,43 MPa em função da gramatura aplicada.

Na TABELA são mostrados os valores médios da resistência ao cisalhamento no estado úmido para os tratamentos propostos, com suas respectivas massas específicas aparentes e teores de umidade.

TABELA 7 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NO ESTADO ÚMIDO

Tratamento	Mas. esp. Ap. 12% g/cm ³	Teor de umidade (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil Inferior (MPa)	Falha (%)
1 – 100 g/m ²	0,570 a (3,56)	7,89 b (4,80)	0,92 a (89,52)	0,23	0
2 – 140 g/m ²	0,563 a (8,36)	7,97 ab (4,40)	0,96 a (91,99)	0,24	0
3 – 180 g/m ²	0,559 a (4,90)	7,92 ab (7,35)	1,35 a (70,02)	0,58	0
4 – 220 g/m ²	0,570 a (3,85)	8,47 a (6,78)	0,94 a (95,68)	0,27	2
F	0,34	4,07	0,29		
p	0,7965 ^{ns}	0,0134 *	0,8333 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade; Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação; *, Significativo a 95% de probabilidade; ns: Não significativo.

Fonte: Autor (2014)

Os resultados se apresentaram inferiores aos resultados instaurados pela norma de um mínimo de 2,5 MPa para o 5°percentil inferior, isso ocorre principalmente pelo fato de o PVAc ser um adesivo de baixa resistência se comparado aos valores mencionados pela norma, em segundo plano pode-se observar a influência das condições das faces aplainadas apresentarem

desigualdades na sua superfície, e com a utilização da prensagem em alta frequência o teor de umidade diminuiu e o adesivo pode ter curado antes do tempo estipulado, não aderindo à madeira.

Em relação ao ensaio de resistência ao cisalhamento no estado úmido, ressalva-se que não houve diferença estatística significativa entre as médias dos tratamentos propostos, entretanto, foi registrado comportamento similar ao do ensaio em estado seco, com aumento da resistência nominal com o aumento da gramatura até o emprego de 180 g/m², e redução com o emprego da gramatura de 220 g/m².

Ressalta-se ainda que os baixos valores obtidos no presente trabalho podem ter sido influenciados também por outros fatores, como, por exemplo, pela qualidade de aplainamento da superfície, que não se apresentou uniforme e homogênea e livre de falhas, teor de umidade da madeira antes de ser realizada a colagem de juntas se apresentou muito baixo, caracterizando uma secagem das peças até um teor de umidade além do desejado, fazendo com que a água seja retirada muito rapidamente da linha de cola, e assim, o adesivo se torna incapaz de preencher e umectar sob pressão na prensa de alta frequência.

A quantidade de amostras ensaiadas foram maior do que o número de ensaios solicitados pela norma, porém foram insuficientes em relação ao coeficiente de variação, o qual se apresentou excessivamente alto.

Os estudos realizados por Martins (2011) utilizaram o adesivo PVAc, madeira de *Eucalyptus benthamii* porém a norma empregada foi a ASTM D5751, a qual estipula que para se considerar aprovado os valores devem atingir 60% do valor de resistência ao cisalhamento a madeira sólida, que nesse caso seria de 12,74 MPa, os valores obtidos por ela nessas condições foi de 11,14 MPa, valor maior do que o obtido através da norma CEN/TS 13354:2003, e ficou em torno de 5,43 MPa. Nos estudos de Iwakiri et al(2013) a norma adotada foi ASTM D 3110(1990) a qual também contempla valores e métodos mais adequados para as madeiras utilizadas pela indústria, nesse ensaio utilizou-se o *E. benthamii* colado com adesivo PVAc, em estado seco, os resultados variaram de 8,78 a 9,44 MPa se diferenciando em função das faces de colagem. Sob métodos diferentes e espécie diferentes das adotadas neste estudo, Iwakiri et al(2013) obteve resultados superiores aos da teca.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e nas análises estatísticas realizadas pode-se concluir que:

- A massa específica média da madeira utilizada foi de 0,559 g/cm³ considerada dentro do valor utilizado para a confecção painéis, e o teor de umidade médio de 7,74 %, valor este considerado inferior ao recomendado pelo fabricante.
- Em geral, a amostra apresentou para os resultados de teor de extrativos, lignina e cinzas valores dentro dos valores encontrados em estudos com a espécie de *Tectona grandis*.
- De acordo com os resultados dos ensaios de cisalhamento e com a análise estatística aplicada não houve diferença significativa entre os valores médios de resistência das gramaturas testadas em termos de resistência da colagem.
- A gramatura ideal foi a de 140 g/cm², portanto, não há necessidade de aplicar quantidade maior que essa de adesivo, pois assim aumenta-se o custo, porém não há aumento de resistência.

7. RECOMENDAÇÕES

Segundo os resultados obtidos e análises estatísticas realizadas recomenda-se:

- A utilização das gramaturas de 140 e 180 g/m² para a produção de EGP. Essa é faixa de gramatura é utilizada pela indústria para a produção de painéis.
- A utilização de uma amostragem maior para trabalhos futuros para que o coeficiente de variação do ensaio de resistência ao cisalhamento diminua.

8. REFERÊNCIAS

- ABRAF, **Anuário estatístico da ABRAF 2013**. Ano base 2012.130f. Brasília, 2013.
- ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Colagem varia de acordo com propriedades da madeira. **Revista da madeira**. n. 88. 2005.
- ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2013
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM D 5751-99** - (reapproved 2005) Standard specification for adhesives used for laminate joints in nonstructural lumber products. Pennsylvania, 1995. 11 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. - **ASTM D 3110** – Standard specification for adhesives used in nonstructural glued lumber products. Philadelphia, 1990. p.184-192.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. **Estudo setorial**. 40 f. Curitiba, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 12466-2:2006**. Madeira Compensada – Qualidade de colagem Parte 2: Requisitos.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14577**: pasta celulósica e madeira – determinação do material solúvel em água. Rio de Janeiro: ABNT; 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7990**: madeira – determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%. Rio de Janeiro: ABNT; 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7989**. Determinação da lignina insolúvel em ácido. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14853**: madeira - determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano. Rio de Janeiro: ABNT; 2002.
- BANDEL, A. **Adhesivos y Tecnología del Encolado en la Industria de la Madera**, 288f. Milano, 1991.
- BILA, N. F. **Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia**. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 2014.

BRAND, M. A.; DE MUÑIZ, G. I. B.. Influência da Época de Colheita e da Estocagem na Composição Química da Biomassa Florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 66-78, 2012.

CALDEIRA, S. F.; CALDEIRA, S. A. F.; MENDONÇA, E. A. F. de; DINIZ, N. N. Caracterização e avaliação da qualidade dos frutos de teca (*Tectona grandis* L.f.) Produzidos no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**. V. 22 n.1 p.216 -224. Distrito Federal. 2000.

CHAGAS, S. F. **Propriedades da madeira *Tectona grandis* (Lf), visando a sua utilização para peças preservadas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) 88f. Viçosa, Minas Gerais, 2013.

GUTIÉRREZ, R. C. ROMERO, E. J. CUNUHAY, P. S. BLANCO, G. L. FONSECA, C. S. Análisis comparativo de las propiedades físico- mecánicas de La madera de teca (*Tectona grandis* L.F.) de Quevedo y Balzar. **Ciencia y Tecnologia**, v.1, n.2 p.55-63, 2008.

CONTI, A. C. **Resistência mecânica de juntas coladas em madeira de *Eucalyptus* sp.**Tese (Doutorado na Área de Materiais) setor de Engenharia Mecânica Universidade Estadual Paulista – UNESP.Guaratinguetá. São Paulo. 2011.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 459**. Acondicionamento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. 1972.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 460**. Método de determinación de la humedad. 1972.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 461**. Determinación del peso específico aparente. 1972.

ENDO, C. Y. S. **Análise da qualidade da colagem de painéis *edge glued panels* (EGP) a partir de diferentes formulações de adesivo e sistemas de prensagem**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Industrial Madeireira Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. 58 f. Curitiba, Paraná. 2013.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - **CEN/TS 13354**. Solid wood panel – bonding quality – test method. Technical specification.2006.

EUROPEAN STANDARD. **EN 322**: Painéis derivados de madeira – Determinação do teor de umidade (versão portuguesa). Bruxelas. 2000.

EUROPEAN STANDARD. **EN 323**: Painéis derivados de madeira – Determinação da massa volúmica (versão portuguesa). Bruxelas. 2000.

EUROPEAN STANDARD. **EN 542**: *Adhesives – Determination of density*. Bruxelas. 2003.

EUROPEAN STANDARD. **EN 827**: *Adhesives – Determination of conventional solids content and mass solids*. Bruxelas, 2006.

EUROPEAN STANDARD. **EN 19.092**: *Adhesives – Determination of viscosity*. Bruxelas, 2000.

EUROPEAN STANDARD. **EN 12.145**: *Adhesives – Adhesives of pH – Test Method*. Bruxelas, 2001.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood. Chemistry: Ultrastructure: Reactions**. Berlin. Walter de Gruyter. 1989.

FLORESTAL, Cáceres. **Manual do reflorestamento da Teca**. Cáceres: Cáceres Florestal SA, 1997.

GILLESPIE, R H; COUNTRYMAN, D; BLOMQUIST, R.F. **Adhesives in building construction**.160 f. Agriculture Handbook n.516. Department of Agriculture. 1978.

GUERRA, S. C. S. **Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos**. 72f. Dissertação de conclusão de curso em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

HEINRICH, H. **Other woodworking adhesives. Wood Adhesion and Glued Products**, COST Action E13 WG 1, Editado por Manfred Dunky, 2001.

ILLIC, J. **Dynamic MOE of 55 species using small wood beams**. Springer-Verlag, 2003.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. FUPEF, 247p. Curitiba, 2005.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; CUNHA, A. B. da; PRATA, J. G.; HARA, M. BILA, N. F.; LUIS, R. C. G.; ARAÚJO, R. D. de.; BÔAS, B. T. V. Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Eucalyptus benthamii* com diferentes adesivos e faces de colagem. **Scientia Forestalis**, v. 41 n. 99. p.411-416.2013.

JESUS, M. H. **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada**. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. São Paulo. 2000.

JONHS, W.; NIAZI, K. Effect of pH and buffering capacity of Wood and the gelatin time of urea-formaldehyde resin. **Wood Fiber Science**, v. 12, p. 255-263, 1980.

KORKUT, D. S.; GULLER, B. The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple wood. **Bioresource technology**, v. 99, n. 8, p. 2846-2851, 2008.

LAMPRECH, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento**

sustentado. Eschborn: Deutsche Gesselschaft für technische zusammenarbeit (GTZ) GmbH. 343 f. 1990.

LIMA, C. K. P; MORI F. A; MENDES, L. M; TRUGILHO, P. F; MORI, C. L S de O; Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 73-77, mar. 2008.

LIMA, L. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. F. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 244-250, 2009.

MACEDO, R. L. G; GOMES, J. E; VENTURIN, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**.V.11 n.1 p61 -69. Lavras, Minas Gerais. 2005

MARRA, A. A.; **Technology of Wood Bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold. 453 p.1992.

MARTINS, S. A. **Adequação tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage para a produção de painéis colados lateralmente (PCL)**. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Brasília. 2011.

MATRICARDI, W. **Efeitos dos fatores de solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* LF) cultivada na grande Cáceres - Mato Grosso**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1989.

MORENO, J. R. ROQUE, R. M. Propiedades físico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad en Cochabamba, Bolivia. **Kuru: Revista Florestal**, Costa Rica, v. 3 N.9.2006.

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

NURMI J. **Measurement and evaluation of wood fuel**. Biomass and Bioenergy 1992; v.2 n.1-6: p157-171.

PETRIE, Edward M. **Handbook of adhesives and sealants**. 2000.

PINTO, M. de L. **Propriedades e características da madeira de Teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. 124p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil PPGEC). Florianópolis, Santa Catarina. 2007,

PRATA, J.G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de Pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panels – EGP)**. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SELBO, M.L. **Adhesive bonding of wood**. Technical bulletin. U.S. Department of Agriculture. Nº. 1512. P. 124, Washington, D.C. 1975.

SISTEMA FLORESTAL BRASILEIRO (SFB)– **As florestas plantadas**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>. Acesso em 19 de maio de 2014.

SHIMIZU, J. Y. KLEIN, H; OLIVEIRA, J. R. V. de **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá, MT: 2007.

SILVA, D. M. R; **Avaliação das propriedades físicas e da elasticidade da madeira de *Tectona grandis* l.f. proveniente de povoamento com três densidades de plantio em Cáceres-MT**. 34 f. Dissertação de conclusão de curso em Engenharia Florestal). Seropédica, Rio de Janeiro. 2010.

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry – Fundamentals and Applications**. 223 f. New York. EUA. 1981.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science**. The Ronald Press Company – New York, 1964, 549p.

STEWART M. C. KOTTEK J. F.DADSWELL H. E.WATSON A.J. **The process of fiber separation III. Hydrolytic degradation within living trees and its effects on the mechanical pulping and other properties of wood**. TAPPI 44p. 798 – 813.1961.

TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE WOLDWIDE PULP, PAPER AND CONVERTING INDUSTRY -TAPPI. **TAPPI-207**: Water solubility of wood. Atlanta; 1994a.

TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE WOLDWIDE PULP, PAPER AND CONVERTING INDUSTRY -TAPPI. **TAPPI 211**: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 °C. Atlanta; 1994b.

TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE WOLDWIDE PULP, PAPER AND CONVERTING INDUSTRY -TAPPI. **TAPPI 212**: One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta; 1994c.

TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE WOLDWIDE PULP, PAPER AND CONVERTING INDUSTRY -TAPPI. **TAPPI 257**: Sampling and preparing wood for analysis. Atlanta; 1994d.

TECHNICAL ASSOCIATION FOR THE WOLDWIDE PULP, PAPER AND CONVERTING INDUSTRY -TAPPI. **TAPPI 264**: Preparation of wood for chemical analysis (Including procedures of removal of extractive and determination of moisture content). Atlanta; 1994e.

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