

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RENATO RODRIGO MENON DE LIMA

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE COLAGEM PARA MADEIRA DE
Pinus sp.

DOIS VIZINHOS

2016

RENATO RODRIGO MENON DE LIMA

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE COLAGEM PARA MADEIRA DE
*Pinus sp.***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Me. Ramiro Faria França

DOIS VIZINHOS

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

Título: **COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE COLAGEM PARA MADEIRA DE *Pinus* sp.**

Por: **Renato Rodrigo Menon de Lima**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 09 de Dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. M. Ramiro Faria França
Orientador

Prof. M. Douglas Edson Carvalho
Membro titular (UTFPR)

Prof. Dr. Flavia Alves Pereira
Membro titular (UTFPR)

Prof. M. Raoni Wainer Duarte Bosquilia
Membro titular (UTFPR)

RESUMO

O crescimento das populações, especialmente nas áreas urbanas, gerou um aumento na procura por moradias, impulsionando o setor da construção civil, aumentando a procura por matérias primas sustentáveis e de qualidade. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a resistência ao cisalhamento na lâmina de cola de vigas de madeira laminada colada e avaliar possíveis diferenças entre dois métodos de aplicação de adesivo, por pincel ou rolo de pintura. O adesivo utilizado foi a melamina ureia-formaldeído (MUF) e a determinação da resistência ao cisalhamento seguiu a NBR7190. As amostras para avaliação da linha de cola foram divididas em dois grupos, um tratamento seco e um tratamento úmido, imersão dos corpos de prova por 24h em água, e posteriormente ensaiados em máquina universal de ensaios. A resistência média apresentada após o ensaio dos corpos de prova em umidade de equilíbrio foi de 9,9 MPa, não apresentando diferenças estatísticas, porém, após o tratamento de imersão em água os valores encontrados foram de 6,0 e 7,9 MPa para rolo de pintura e pincel, respectivamente, com diferença estatística comprovada pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Palavras-chave: Painéis colados lateralmente, madeira laminada colada, melamina ureia-formaldeído.

ABSTRACT

The population growth, especially in urban areas, has increased the demand for housing, boosting the construction sector, increasing the demand for quality and sustainable raw materials. The purpose of this work was to characterize the shear strength of the glued laminated wood beams glue and to evaluate possible differences between two methods of applying adhesive, by brush or paint roller. The adhesive used was melamine urea-formaldehyde (MUF) and the determination of shear strength followed by NBR7190. The samples for evaluation of the glue line were divided into two groups, a dry treatment and a humid treatment, immersion of the test specimens for 24 hours in water, and then tested in a universal testing machine. The average resistance presented after the test of the test pieces in equilibrium moisture was 9.9 MPa, with no statistical differences, but after the immersion treatment in water the values found were 6.0 and 7.9 MPa for Paint roller and brush, respectively, with statistical difference proved by the Tukey test at 95% probability.

Keywords: Laterally glued panels, glued laminated wood, melamine urea-formaldehyde.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de uma viga de MLC.	12
Figura 2 - Conexão entre adesivo e dois substrato. Sendo o numero 1 o filme do adesivo, 2 e 3 a camada de ligação intra-adesivos, 4 e 5 a interface adesivo/aderente, 6 e 7 sub-superfície do aderente, 8 e 9 o aderente ou substrato.	14
Figura 3 - Lâminas de madeira usadas para os testes, depois da classificação visual.	23
Figura 4 - Rolo e pincel utilizados na aplicação de adesivo.	24
Figura 5 - Potes utilizados para a medida e mistura do adesivo mais catalizador e para a dosagem essencial para cada linha de cola.	25
Figura 6 - Prensa com estrutura de madeira.	26
Figura 7 - Corpos de prova formados a partir das vigas.	27
Figura 8 - Corpos de prova em imersão em água para futuro teste de cisalhamento para comprovação de resistência do adesivo a umidade.	28
Figura 9 - Esquema de corpo-de-prova para cisalhamento na linha de cola,direção paralela às fibras.	29
Figura 10 - Ensaios mecânicos destrutivos na maquina EMIC, modelo DL 30000.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento experimental.	28
Tabela 2 - Resultados de ensaios de cisalhamento sem tratamento.	31
Tabela 3 - Resultados de ensaios de cisalhamento com tratamento imersão a água.	33

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Tipos de aplicadores de adesivos.	21
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3.1 Aplicações de madeiras do gênero <i>Pinus</i>	10
3.2 Limitações no uso de madeiras e novos produtos	10
3.2.2 Madeira Laminada colada.....	11
3.3 Adesão e adesivos	13
3.3.1 Teoria da adesão e colagem de madeiras.....	13
3.3.2 Parâmetros de qualidade para adesivos.....	14
3.3.3 Características físico-químicas dos adesivos.....	15
3.3.4 Composição e característica da madeira.....	16
3.3.5 Ensaio mecânicos e a qualidade da colagem.....	18
3.3.6 Tipos de resinas.....	18
3.3.7 Métodos de aplicação de adesivos em madeiras.....	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Origem da matéria-prima	22
4.2 Dimensionamento das lâminas	22
4.3 Preparação da mistura do adesivo	23
4.4 Prensagem das lâminas	25
4.5 Acabamento das peças	26
4.6 Confecção dos corpos de prova	26
4.7 Ensaio dos corpos de prova em laboratório	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
5.1 Adesivo residual	30
5.2 Tempo de aplicação	30
5.3 Cisalhamento na linha de cola	31
6. CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Os registros da exploração da madeira é uma das mais conhecidas formas de degradação e destruição de florestas nativas. Todos sabem que o Brasil sempre teve uma forte exploração de matéria-prima, principalmente na retirada de madeira, isto, vem desde dos tempos da descoberta e colonização do país. A exploração e retirada destes recursos que na maioria das vezes feita de modo irracional e descontrolado, causando danos irreversíveis ao meio ambiente.

As florestas plantadas surgiram como alternativa para a redução da pressão sobre as matas nativas, com rápido crescimento, alta produtividade, grande capacidade de adaptação ao local e tendo seus ciclos já definidos, de plantio, manutenção e colheita. Seu aproveitamento vem colaborando com a manutenção das florestas naturais, contentando interesses econômicos, sociais e relacionados a sustentabilidade. O Brasil apresenta potencial tanto em extensão de áreas, com uma vasta riqueza hídrica e um clima favorável para se plantar florestas.

O plantio de florestas comerciais apresenta um papel de grande destaque no cenário nacional e internacional, fornecendo diversos derivados da madeira, como, celulose e papel, painéis reconstituídos, produtos de maior valor agregado como, portas, mesas, pisos, e inovações para construção civil, por exemplo, a madeira laminada colada.

Hoje em dia, no Brasil, existe tecnologia avançada e mão de obra especializada disponível na parte florestal, mas há falta de conhecimento técnico é um obstáculo cultural que levam a escolha de produtos que não são derivados da madeira para o setor de construção civil, por acharem que esses produtos não são suficientemente resistentes e duradouros. Um exemplo muito marcante em nosso país é a comparação de uma casa de alvenaria com uma de madeira. A casa de alvenaria precisaria de diversos materiais para ser formada, tijolos, cimento, areia, pedra, ferro, cal. A casa de madeira para sua finalização utilizaria um único elemento chave.

O crescimento das populações, especialmente nas áreas urbanas, gerou uma elevada procura por novas moradias, impulsionando principalmente o setor da construção civil. Com o aumento dessa demanda, houve aumento também

pela procura de matéria prima de boa qualidade, de origem renovável e que possa se destacar no mercado, em especial com relação a exploração menos agressiva ao meio ambiente e que não levam a problemas ecologicamente irreversíveis no futuro.

Atualmente já é possível encontrar várias tecnologias e técnicas de alto padrão empregadas em madeira, para a formação de produtos de excelente qualidade, uma dessas tecnologias é a madeira laminada colada, que por conta de uma técnica que usa a madeira serrada. As peças são interligadas por um adesivo e encaminhadas para prensagem. Outro exemplo são os painéis colados lateralmente que podem ser utilizados de diferentes formas na construção civil, porém com função não estrutural.

Com o desenvolvimento de processos de ligação mais eficientes é possível alcançarmos bons índices de aproveitamento do material e diminuirmos as limitações de aplicação da madeira, principalmente no caso de utilização de vigas e terças de maiores dimensões, muitas vezes impedidas pelo fato de não estarem disponíveis no mercado grandes peças maciças de madeira.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo comparar dois o métodos de aplicação, por pincelamento e rolo de pintura, para colagem de vigas laminadas coladas de *Pinus sp.*

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a resistência na linha de cola do material através de análise destrutiva.
- Avaliar o consumo de adesivo nos diferentes métodos de aplicação avaliados juntamente com as perdas de resina nos processos;
- Indicar o tratamento mais viável do ponto de vista econômico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aplicações de madeiras do gênero *Pinus*

A implantação florestal de espécies do gênero *Pinus* no Brasil teve início durante as décadas de 1970 e 1980 através dos incentivos fiscais, as indústrias de celulose e papel foram as mais beneficiadas. Somente a partir da década de 1990 houve aumento na oferta de toras de *Pinus*, de grande diâmetro, como consequência houve um aumento na produção de painéis compensados (SHIMIZU, 2008).

O gênero *Pinus* no processo industrial apresenta várias vantagens em relação a madeiras nativas, como por exemplo, ótima manipulação de trabalho, permitindo equipamentos de produção mais rápidos e leves, alta porosidade permitindo eficiência e rapidez na secagem do material e o tratamento de 100% da seção, além disso, a permeabilidade deste gênero garante grande eficiência nos processos que utilizam adesivos (CUNHA, 2007).

Marto (2009) relata que o *Pinus taeda*, no Brasil, se tornou para o setor de produção florestal uma importante espécie, por sua ampla finalidades como: indústria de serrados, indústria de papel e celulose, indústrias de painéis de madeira reconstituída.

Segundo ABIMCI (2007), a área de reflorestamento de *Pinus* no Brasil, deverá passar 3,1 milhões de ha em 2020. Hoje, de acordo com IBA (2015) a área ocupada por *Pinus* representa 1,59 milhões de hectares.

3.2 Limitações no uso de madeiras e novos produtos

A falta de conhecimento tecnológico da madeira, no Brasil, gerou uma cultura retrógrada em seus usos de forma geral, principalmente na parte da construção em madeiras, levando algumas vezes há certa desconfiança ao consumidor, por duvidar da resistência e durabilidade na aquisição dos produtos. (GRANATO, 2011).

Cunha (2007) destaca que países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão tiveram resultados satisfatórios ao utilizar madeira como material estrutural construtivo, afirmando que a madeira oferece vantagens superiores a outros materiais como aço, concreto e alvenaria, sendo estes: capacidade para suportar sobrecargas de curta duração, resistência a fogo, quando comparada com estruturas metálicas, entre outras.

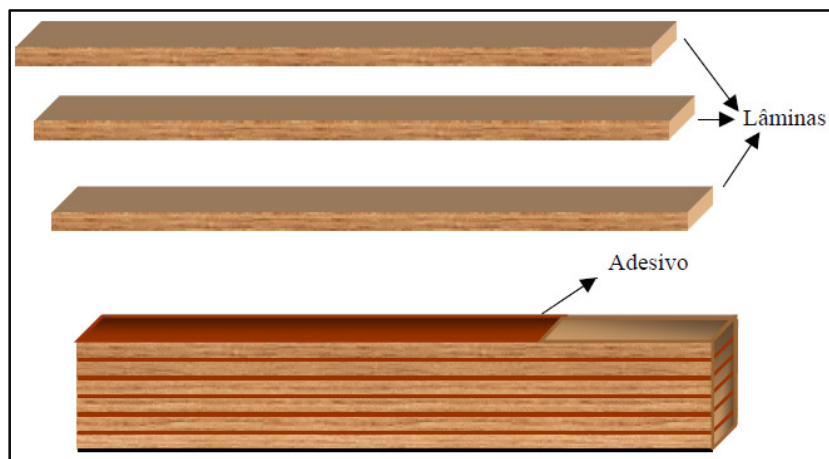
Porém, mesmo com o uso irracional da madeira no Brasil, existem várias pesquisas sendo desenvolvidas em busca do aproveitamento ecologicamente correto da madeira, economicamente satisfatório e com uma excelente qualidade independentemente do seu emprego. Entre uma gama de produtos obtidos da madeira, para construção civil se destacam os painéis reconstituídos, sejam eles de partículas orientadas, fibras ou painéis de lâminas paralelas, e para uso estrutural, especialmente a madeira laminada colada (GRANATO, 2011).

A utilização da Madeira Laminada Colada é uma forma de minimizar limitações em peças estruturais de madeira serrada, que derivam do processo de extração, transporte e da presença de defeitos da própria matéria-prima (AZAMBUJA, 2006).

3.2.2 Madeira Laminada colada

A Madeira laminada colada foi uma técnica criada para aumentar a resistência mecânica da madeira e suas propriedades de emprego, constituída a partir de lâmelas ou comumente chamada de tábuas, essas lâmelas posicionadas de modo que suas fibras estejam paralelas entre si e sendo unidas por uma colagem sob pressão, conforme Figura 1, com um adesivo especial para esse tipo de produção (CALIL, 2011).

Figura 1- Esquema de uma viga de MLC.



Fonte: ZANGIÁCOMO (2013).

A Madeira Laminada Colada (MLC) é um produto que requer precisão de fabricação em todos os seus estágios. O produto acabado pode somente ser testado em conduções laboratoriais (CALIL, 2011).

De acordo com Azambuja (2006), a madeira laminada colada é vista como um bom material para o uso estrutural, pois tem como base de uso coerente de madeira de baixa e média densidade, reaproveitando peças de menores e diferentes tamanhos, proporcionando artefatos estruturais que podem ser de diversas formas, comprimentos, larguras e espessuras.

Como a utilização de produtos de MLC ainda não é muito difundida no Brasil é evidente que estudos devem ser realizados no que se refere a espécie-adesivo-tratamento para uma caracterização das madeiras que melhor possam se adaptar a essa técnica, sendo possível colar praticamente todas as espécies de madeiras (CALIL, 2011).

É de suma importância o conhecimento de fatores de influências da fabricação da madeira laminada colada, para o seu uso estrutural, entre os fatores estão destacados, o tipo de espécies de interesse e sua densidade da madeira, análise de defeitos, módulo de elasticidade, classificação estrutural por método visual e mecânico das lâminas de madeira e os adesivos empregados na fabricação (AZAMBUJA, 2006)

3.3 Adesão e adesivos

3.3.1 Teoria da adesão e colagem de madeiras

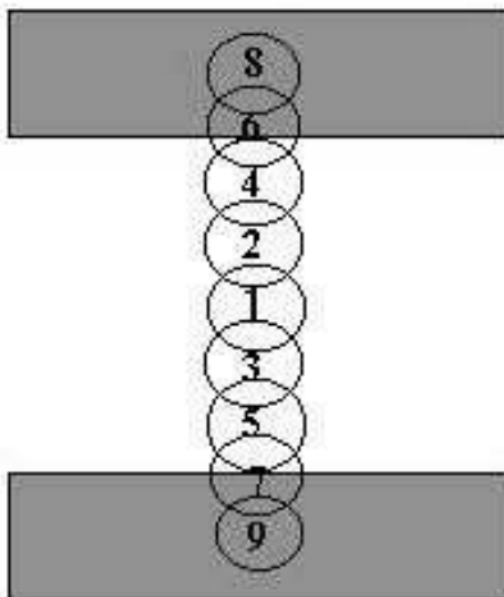
Existem vários tipos de adesivos, desde aqueles originados da natureza de base animal ou vegetal, até aqueles adesivos artificialmente forjados pelos homens de grande eficiência. A durabilidade e a resistência da adesividade, de um artefato de madeira colado, são influenciadas pelo tipo de adesivo e a que ambiente este adesivo está sendo submetido, ambiente que pode ser externo, não tendo nenhum tipo de cobertura para condições edafoclimáticas (CUNHA, 2007).

De acordo com Iwakiri (2005) para uma melhor compreensão do processo da colagem de madeira devem-se conhecer seus princípios, começando com conceitos básicos do adesivo, aderente ou substrato e adesão. O adesivo é um substância capaz de manter unida outro material em sua superfície, já o aderente é o sólido que irá ser unido pelo adesivo, e a adesão é o fenômeno físico-químico que ocorre para que o adesivo consiga unir sólidos ou substratos, no nosso caso a madeira.

Iwakiri (2005), também descreve o movimento do adesivo de acordo com a sua composição e das condições de sua colagem, podendo ser classificadas de acordo com o tipo de linha de cola formada, sendo: Linha cola faminta que pode ser formada devido a baixa viscosidade do adesivo, o pré-endurecimento que pode ser causada quando o adesivo é secado ou parcialmente curado durante a prensagem, a formação da linha normal que é a ligação ideal do adesivo ao substrato e a ultimo tipo de linha de cola chamada de não ancorada esta está entre a situação “normal” e a “pré-endurecida”.

A interação que acontece na região entre duas peças de madeira e o adesivo sobre o ambiente ali criado é explicado por Marra, (1992), e citado por Iwakiri (2005), Figura 2, que esta ligação é formada por nove processos de ligações em ato contínuo.

Figura 2- Conexão entre adesivo e dois substrato. Sendo o numero 1 o filme do adesivo, 2 e 3 a camada de ligação intra-adesivos, 4 e 5 a interface adesivo/aderente, 6 e 7 sub-superfície do aderente, 8 e 9 o aderente ou substrato.



Fonte: MARRA 1992 *apud* IWAKIRI 2005.

Para Calil (2011) as características anatômicas da madeira causam um grande efeito nas ligações adesivas, madeiras de folhosas apresentam maior dificuldade de colagem do que as de coníferas.

3.3.2 Parâmetros de qualidade para adesivos

Marin (2006) explica que o controle de qualidade do adesivo deve ser realizado no momento da sua aplicação, com o tipo de aplicação e com o produto colado, controlando propriedades como viscosidade, fluidez do produto quando aplicado relacionando a sua densidade e material consumido, junto a isso a absorção do adesivo nos poros da madeira, determinando também a velocidade de secagem do adesivo ao substrato.

A colagem da madeira é a parte mais importante para a fabricação de produtos como compensados, aglomerados, painéis de fibras e outros, portanto, uma colagem adequada esta relacionada a quatro fatores importantes: características físicas do adesivo, composição e característica da madeira,

procedimentos empregados na colagem e condições de uso do produto (SCHULTZ, 2008).

Todos os procedimentos de formação são de suma importância, necessitando muita cautela e cuidado em todas as etapas de realização, mais existem fatores que precisam de um cuidado a mais como a quantidade de aplicação de adesivo em função da espécie, espessura da lâmina e área superficial da madeira, ciclo de prensagem, temperatura, pressão e tempo de prensagem, para que não ocorra o gasto excessivo de adesivo ou de madeira e que possa prejudicar a durabilidade do artefato construído (IWAKIRI, 2005).

3.3.3 Características físico-químicas dos adesivos

a) Viscosidade

A viscosidade é tratada como a característica do escoamento de um fluido, sendo influenciada pela temperatura, ela é explicada pela resistência do atrito entre moléculas de um fluido e pelo atrito da superfície da madeira, e pode ser do tipo muito viscoso, viscoso ou pouco viscoso (ALMEIDA, 2009).

b) Tempo de gelatinização (gel time)

É o período que vai desde o preparo do adesivo até o ponto de auge do seu endurecimento. Importante para processos de aplicação de adesivo, sendo influenciada pela temperatura, sendo quanto maior a temperatura ambiente, menor o tempo de gelatinização “gel time” (IWAKIRI, 2005).

c) Teor de sólidos

O teor de sólidos é a porção de sólidos, uma propriedade que faz parte do adesivo que forma a linha de cola, sendo que o baixo teor de sólidos pode prejudicar a colagem das lâminas, pela escassez do material sólido na linha de cola, mas, também, pelo excesso de voláteis que ele liberará durante a

prensagem, podendo provocar delaminações das juntas coladas, levando a uma inadequada ancoragem do adesivo (ALMEIDA, 2009).

d) pH

Madeiras que apresentam extrativos com baixo pH, podem beneficiar o endurecimento precoce do adesivo na fase de prensagem, ocorrendo na maioria dos adesivos do tipo uréia-formaldeído, favorecendo a má fluidez e penetração (ALMEIDA, 2009).

Para o procedimento de colagem Iwakiri (2005), destaca que é importante levar em consideração tanto o pH da madeira quanto o do adesivo, deste jeito o pH do adesivo não deve exceder a faixa de 2,5 a 11, evitando assim que a madeira se degrade.

3.3.4 Composição e característica da madeira

Iwakiri (2005), ressalta que os efeitos na movimentação do adesivo que ocorre no interior da estrutura da madeira, estão ligados intimamente com a anatomia desta madeira, proporcionando uma adequada “ancoragem” do adesivo, estas características são apresentadas a seguir:

a) Anéis de crescimento – lenho inicial e tardio

Levando em consideração a diferenciação de densidade e porosidade dos lenhos inicial e tardio, sobre este aspecto, podem ocorrer problemas de penetração do adesivo, resultar em uma linha de cola faminta ou espessa, mais podendo ser controlado com a formulação do adesivo, ou com o aumento ou diminuição da viscosidade pela temperatura (IWAKIRI, 2005).

O lenho inicial nas coníferas é mais permeável do que o lenho tardio, por apresentar células de maior diâmetro e paredes mais delgadas, o que facilita a penetração e permeabilidade do adesivo (BIANCHE, 2014).

b) Alburno e cerne.

Silva (2003), explica que há muita diferença entre cerne e alburno e fazem com que estes materiais tenham comportamento muito distinguido, como na característica física, química, morfológica e na degradação térmica que depende das sua formação química, apresentando comportamentos diferentes de acordo com o emprego utilização da madeira.

A quantidade de cerne e alburno irá depender da espécie, idade e entre outros fatores. O cerne comparado ao alburno, é mais denso, apresenta maior quantidade de extrativos, tem baixa capacidade e reter água, por essas características, reduzem a fluidez do adesivo e podem danificar a cura do adesivo (IWAKIRI, 2005).

c) Idade da árvore

O lenho juvenil se caracteriza por possuir anéis de crescimento largos, menor densidade, maior porosidade e maior facilidade de colagem em relação ao lenho adulto com características opostas. (IWAKIRI, 2005).

d) Lenho de reação

O lenho de reação, que corresponde ao lenho de compressão nas coníferas e lenho de tração nas folhosas, apresentam irregularidades em sua estrutura. Estes dois tipos de lenho não dificultam a mobilidade do adesivo. (IWAKIRI, 2005).

e) Grã

A movimentação da umidade, a resistência mecânica e as condições de acabamento superficial, estão diretamente ligadas com o ângulo de inclinação da grã. Os aspectos da direção da grã não afeta ligação adesiva, que esta relacionada com a porosidade, que ocorre em diferentes planos de corte. Madeiras que apresentam grã cruzada, ocorrendo a penetração excessiva do adesivo, podendo resultar em linha de cola “faminta”. (IWAKIRI, 2005).

f) Porosidade

O escoamento bem definido de adesivo na madeira é afetado pela porosidade, e esta ligada a estrutura e a densidade desta madeira. Quanto mais porosa a madeira, mais fácil a penetração do adesivo, sendo recomendado a verificação da viscosidade para o tipo de espécie e que tipo de densidade que ela apresenta (CRUZ, 2006).

3.3.5 Ensaio mecânicos e a qualidade da colagem

O controle de qualidade é definido pelas ações do próprio fabricante em relação ao material sendo o tipo de espécie, métodos exercidos, equipamentos utilizados, mão de obra qualificada ou não e o tipo de produto final desejado. Considerando que no Brasil ainda não existe normas específicas de qualidade para a fabricação do MLC, seguindo então normas internacionais (CALIL, 2011).

A classificação mecânica é considerada como a rápida determinação da rigidez de uma peça, utilizando uma força variável abaixo da correspondente ao limite de proporcionalidade para se atingir uma deformação fixa, ou uma força constante sendo avaliada e medida a deformação do elemento (MARIN, 2006).

Calil (2011), concluiu em seu trabalho comparando espécie-adesivo-tratamento, que a madeira de *Pinus sp.*, alcançou um melhor desempenho em comparação com madeiras de folhosas, tendo uma maior facilidade na interação com adesivos de usos estruturais e uma melhor aceitação de tratamento como o auto-clave, levando a uma resistência em ambientes externos.

A aprovação da eficácia do adesivo deverá ser atestada por ensaios de cisalhamento na linha de cola e tração normal na linha de cola, segundo as recomendações da norma NBR 7190 (CUNHA, 2007; ABNT, 1997).

3.3.6 Tipos de resinas

Torna-se muito importante a escolha do tipo e quantidade de resina a ser utilizada, porque esta escolha pode ser o componente de maior custo para a produção da madeira colada, levando assim um sentido de se buscar uma otimização na relação custo-benefício (MENDES, 2007).

Ao se referir aos adesivos, Calil (2011, p. 32) afirma que “devem ser escolhidos considerando as condições climáticas de uso (classe de uso), a espécie de madeira, o preservativo usado e os métodos de fabricação.”

Explicado por Mendes, (2010), os principais tipos de adesivos utilizados pelas indústrias de painéis reconstituídos de madeira são: uréia-formaldeído (UF) que apresenta resistência à umidade muito limitada, fenolformaldeído (FF) que indicada para produção de painéis para uso externo ou em ambiente com alta umidade relativa, melamina-formaldeído (MF) e difenil-metano di-isocianato (MDI).

Cunha (2007), explica que o adesivo Melamina Uréia Formaldeído (MUF 1242/1542), é um sistema líquido/líquido produzido pela Akzo Nobel, é um polímero termorrígido, formado a partir de uma reação de condensação entre a melamina, uréia e o formaldeído. Com o objetivo de proporcionar resistência a água e as intempéries para uso externo.

A recomendação feita pelo fabricante do adesivo, AkzoNobe (2008), é relatado a característica do adesivo Melamina Uréia Formaldeído (MUF) sendo uma resina de sistema líquido/líquido de cor branca, a viscosidade do adesivo atinge cerca de 11,000 mPas e do catalizador 14,000 mPas a 25°C, o tempo de estocagem do adesivo e de no máximo 8 meses e não recomenda deixar exposto a ambiente abaixo de 0°C e acima de 30°C. O fabricante também recomenda que a temperatura da madeira antes e durante a prensagem não deve estar abaixo de 20°C, a pressão mínima de 0,5 N/mm² (5kg/cm²) para madeira com baixa densidade, como o pinus, já para madeira de densidades elevadas mínimo de 1,0 N/mm² (10 kg/cm²). O tempo de pós-catalização (repouso) pode ser até 5 dias a 20°C para atingir 100% de resistência à água.

3.3.7 Métodos de aplicação de adesivos em madeiras

A quantidade de adesivo a ser aplicado na superfície da lâmina varia em função da espessura desta lâmina. Quanto maior a espessura da lâmina, maior

deve ser a gramatura, tendo em vista maiores tensões geradas na linha de cola (IWAKIRI, 2005).

A aplicação do adesivo sobre a superfície da lâmina pode ser feita através de aplicador rolos, de spray, de cortina ou por extrusão. Em todos eles, deve ser controlado a qualidade de adesivos a ser aplicado por 1m^2 de área (gramatura), através das aberturas entre o rolo aplicador e rolo dosador, assegurando uma distribuição uniforme do adesivo. A gramatura (g/m^2) depende do tipo de resina, espessura da lâmina e da formulação (IWAKIRI, 2005).

QUADRO 1- Tipos de aplicadores de adesivos. Fonte: Adaptado de IWAKIRI (2005).

Tipo de aplicadores	Aplicador tipo Rolo	Aplicador tipo Spray	Aplicador tipo Cortina
Funcionamento dos aplicadores	Dois cilindros revestidos de borracha com pequenas ranhuras para compressão, movimentação da lâmina e transferência do adesivos. O rolo menor controla a quantidade de adesivo a ser aplicado. A velocidade de alimentação pode variar de 15 a 21 m/min.	O adesivo é aplicado por processo de atomização através de bicos. A aplicação é feita apenas em uma face da lâmina. A velocidade de alimentação da Lâmina varia de 15 a 30 m/min.	O adesivo é aplicado através do controle da abertura localizada na parte inferior do reservatório. A aplicação é feita numa das faces da lâmina, que se movimenta mecanicamente a uma velocidade compatível com a gramatura desejável sob a cortina de adesivo. A velocidade de alimentação da lâmina, está na faixa de 76 a 91m/min.
Vantagens	Aplicação simultânea de adesivo nas duas faces da lâmina.	Controle da gramatura e recuperação adequada do adesivo e sua reutilização.	Boa distribuição do adesivo mesmo em superfícies irregulares, menor consumo de adesivo.
Desvantagens	Devido ao contato direto entre o rolo, adesivo e a superfície da lâmina esse aplicador apresenta alguns problemas como: Limpeza e recuperação de adesivo, resultando em maior consumo de adesivo. Falha na distribuição do adesivo em lâmina com superfície irregular e rugosa: Maior dificuldade no controle de aplicação do adesivo.	Esse sistema apresenta o inconveniente quando à alteração do fluxo de aplicação, devido a redução na viscosidade do adesivo em épocas de baixa temperatura. Os aplicadores normalmente possuem dispositivos de aquecimento do adesivo com a temperatura na faixa de 32 a 38°C, para manter a viscosidade adequada.	Neste sistema há a necessidade de controle da viscosidade do adesivo em épocas de baixa temperatura ambiental, faixa de 27 a 32°C.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Origem da matéria-prima

O material utilizado neste trabalho foi fornecido pela empresa JM.Fey Ltda, juntamente com a empresa SuperViga, incubada no hotel tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos. A SuperViga tem como atividade principal a confecção de vigas de madeiras laminadas coladas para utilização em pergolados e componentes estruturais.

As amostras selecionadas para esta pesquisa foram obtidas a partir de lâmelas *Pinus taeda L.* As tábuas passaram por um processo de classificação visual simples, garantindo a diminuição de índices de imperfeições naturais do material e a não ocorrência de esmoados, nós e rachaduras que impossibilitam a utilização da peça, também para que não acarrete erros para a formação dos corpos de prova para testes laboratoriais.

4.2 Dimensionamento das lâminas

Foram selecionadas, em sua totalidade, 8 lâminas de madeiras serradas, Figura 3, 4 lâminas para cada viga formada de madeira laminada colada (MLC). Cada uma das desças laminas apresentaram dimensões iniciais de 2,5 cm x 30 cm x 300 cm. Primeiramente as lâminas de madeira passaram por um processo de aplainamento e destopo, para padronizar as dimensões finais, como as desejadas.

Após este processo de desdobramento e usinagem, as dimensões finais foram de 2,0 cm x 7,0 cm x 250 cm. O teor de umidade média medido das lâminas foi de 12%. A medição da umidade média de cada lâmina foi feita com o auxílio do aparelho medidor de umidade capacitiva GANN HYDROMETTE COMPACTA.

Figura 3- Lâminas de madeira usadas para os testes, depois da classificação visual.



Fonte: O autor (2016).

4.3 Preparação da mistura do adesivo

Logo após a adequação das dimensões prévias das lâminas formadoras da viga, foi feito o preparo da mistura de adesivo mais catalizador.

O adesivo utilizado foi a Melanina-Uréia-Formaldeído (MUF 1242/2542) sistema líquido/líquido. A proporção de mistura do adesivo (1242) foi de 100 partes de peso de adesivo para 25 partes de peso de catalizador (2542).

Nas lâminas das extremidades só foi aplicado adesivo em uma das faces e em todas as outras lâminas nas duas faces. Sendo que o adesivo (resina e catalisador) foi aplicado obedecendo a gramatura de 450g/m².

As vigas constituídas por 4 lâminas com dimensões finais depois da colagem de 8,0cm x 7,0cm x 250cm.

Para a realização dos testes de colagem para formação das vigas, foram usados dois diferentes métodos de aplicação de adesivo, sendo a primeira com o rolo manual e o segundo com o pincel manual, Figura 4.

Figura 4- Rolo utilizado e pincel utilizados na aplicação de adesivo.



Fonte: O autor (2016).

A gramatura calculada para cada linha de cola foi de 63g de adesivo e 15,75g de catalizador, atingindo um total de 189g de adesivo e 47,25g de catalizador para cada viga, sendo gasto uma quantidade total para as duas vigas de adesivo + catalizador de 472,5g.

Todos os cálculos de gramatura do adesivo foram feitas de acordo com as especificação do fabricante AkzoNobel usando seu respectivo boletim técnico. Foram utilizados recipientes para controle da quantidade de adesivo a ser aplicado por lâmina, Figura 5. As massas de adesivo e de catalisador foram medidas em balança sendo o primeiro pote para garantir a quantidade de adesivo, o segundo pote foi para a quantidade de catalizador. Neste primeiro pote que foi medido a quantidade de adesivo também foi realizada a operação de mistura.

Figura 5- Potes utilizados para a medida e mistura do adesivo mais catalizador e para a dosagem essencial para cada linha de cola.



Fonte: O autor (2016).

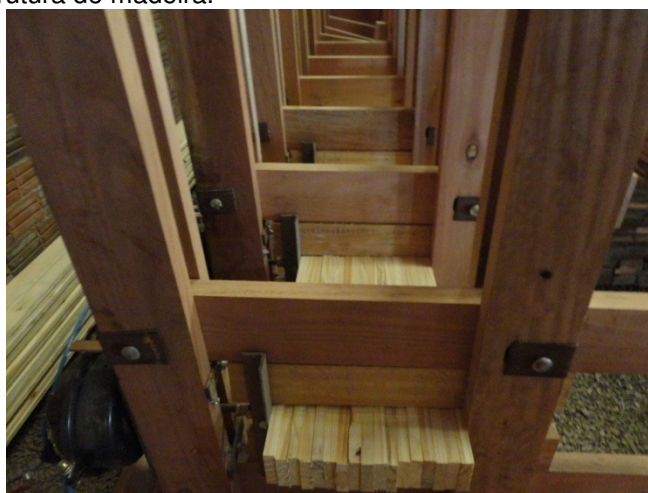
4.4 Prensagem das lâminas

A prensagem foi realizada com uma prensa com estrutura de madeira, e sua pressão fornecida com auxílios de cuícas de caminhão (Figura 6). As lâminas foram distribuídas sobre a fundação, sendo anotado o tempo de aplicação do adesivo sobre as lâminas, tempo de vida útil do adesivo misturado (potlife), e o tempo de fechamento da prensa, ficando sobre prensagem durante 5 dias e só depois retirada da prensa para obtenção dos corpos de prova.

O fabricante recomenda que temperatura da madeira antes e durante a prensagem não deve estar abaixo de 20°C, e o tempo de pós-catalizador (repouso) com 20-25 partes de peso de catalizador pode ser até 5 dias a 20°C para atingir 100% da resistência à água.

A pressão utilizada no compressor deveria ser de no mínimo 0,5N/mm² (5kg/cm²) para madeiras com densidade baixa como o pinus e o processo de cura deverá durar, pelo menos, nove horas a 20°C e três horas a 30°C, conforme a recomendações do fabricante. A prensagem alcançou uma pressão de 1,03 MPa (150 PSI) e a temperatura local estava 23,1°C e o ambiente a 41% de umidade.

Figura 6- Prensa com estrutura de madeira.



Fonte: O autor (2016).

4.5 Acabamento das peças

As vigas de madeira laminada colada passaram por um último processo de aplainamento e destopo, para que consiga atingir as adequações das dimensões finais desejadas. Logo após a adequação das dimensões prévias cada viga ficou com uma dimensão de 6,4 cm x 5,0 cm por 240 cm, para facilitar a construção e obtenção dos corpos de provas laboratoriais.

4.6 Confeção dos corpos de prova

As vigas foram destopadas a um comprimento a cada 6,4 cm para retirada do corpo de prova (Figura 7), sendo passadas em uma serra fita para a formação dos corpos de prova, alcançando uma produção de 36 corpos de prova para cada viga para ser avaliado seu métodos e qualidade em sua colagem, totalizando 72 corpos de prova, obedecendo as instruções da NBR 7190 (ABNT, 1997).

Figura 7- Corpos de prova formados a partir das vigas, total de 72 corpos de prova para ensaio mecânico.



Fonte: O autor (2016).

4.7 Ensaio dos corpos de prova em laboratório

Os 72 corpos de prova foram levados ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da UTFPR/DV, para a respectiva avaliação da linha de cola pelo método de cisalhamento.

Metade dos 36 corpos-de-prova de cada viga foi separado para que fossem colocados em imersão em água, Figura 8, ou seja, 18 corpos-de-prova de cada viga, e lá ficaram por 24 horas para que quando testadas possa ser medida o quanto o adesivo resistiu sobre influência de uma forte ação a umidade, e a outra metade dos corpos de prova ficaram em sala com climatização a temperatura de $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65\pm 5\%$.

Figura 8- Corpos de prova em imersão em água para futuro teste de cisalhamento para comprovação de resistência do adesivo a umidade.



Fonte: O autor (2016).

O adesivo foi aplicado de duas diferentes formas, seguindo o delineamento experimental mostrado na Tabela 1. Os tratamentos para cada tipo de aplicação permitem analisar o comportamento da linha de cola nas diferentes situações de aplicação, conforme norma EN 13354/2003, sendo os resultados analisados também de acordo com os requisitos da norma.

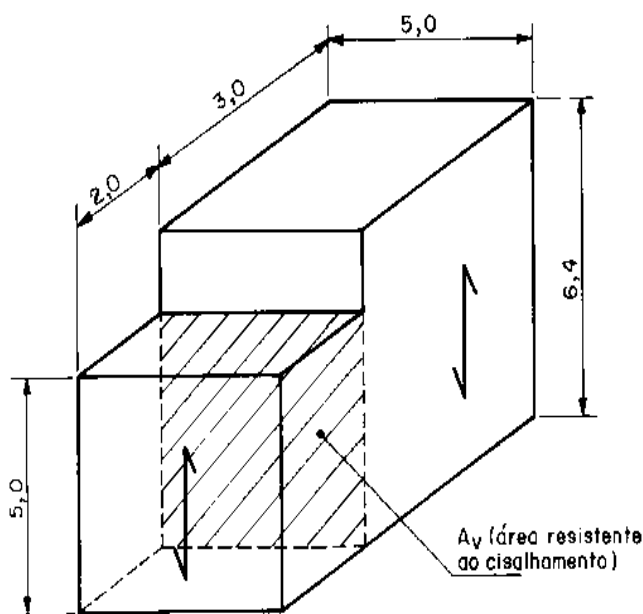
Tabela 1 - Delineamento experimental.

Espécie	Método	Tratamentos	Amostras
<i>Pinus</i> sp.	Pincelamento	Sem tratamento	PS
		Imersão em água	PU
	Rolo	Sem tratamento	RS
		Imersão em água	RU

Fonte: O autor (2016)

Os ensaios mecânicos destrutivos foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos. Para se obter valores de resistência da linha de cola, foi utilizada a máquina universal de ensaios, EMIC, modelo DL 30000, através do ensaio de cisalhamento estabelecido na NBR 7190, conforme Figura 9 (ABNT, 1997).

Figura 9 - Esquema de corpo-de-prova para cisalhamento na linha de cola, direção paralela às fibras.



Fonte: NBR 7190 (ABNT, 1997).

Os resultados obtidos através da caracterização mecânica foram analisados por meio de ANOVA para verificação de diferenças entre os tratamentos estabelecidos e teste de Tukey (95% de probabilidade) para análise comparativa das médias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Adesivo residual

Após a prensagem das laminas, foi coletado o adesivo residual nos potes e nos equipamentos manuais de ambos os tratamentos, tendo sido pesado em balança o valor residual. Quanto ao resíduo formado por cada tipo de método o rolo atingiu uma marca de sobra residual de 37,78 g (cerca de 8% da quantidade total para uma viga). Já o método do pincel alcançou uma sobra residual do adesivo de 23,61g (cerca de 5% da quantidade total para uma viga), alcançando um melhor aproveitamento.

O aproveitamento do adesivo é de suma importância, pois tem uma relação direta com o rendimento, preço e rotatividade desde adesivo no mercado. Sendo relatado por Biannche, (2014), que o adesivo é um componente importante com implicações técnicas e econômicas na colagem da madeira, e o seu custo pode chegar até 50% do preço total do produto final.

5.2 Tempo de aplicação

O tempo de aplicação para cada tratamento, para o método do rolo mistura adesivo mais catalizador foi de 3 minutos, aplicação total para a formação da viga de 4 minutos e fechamento da prensa de 7 minutos. Já para o método com aplicação com pincel, o tempo de mistura adesivo mais catalizador foi de 2 minutos e a aplicação nas lâminas foi de 3 minutos e o fechamento da prensa foi alcançado um tempo de 7 minutos a mesma do rolo.

Assim o pincel alcançou um menor tempo de aplicação, já que o rolo, antes de alcançar um boa faixa de aplicação, apresenta o tempo de recebimento do produto ao aplicador mais demorado.

5.3 Cisalhamento na linha de cola

Os resultados (Tabela 2), descrevem os valores de resistência na linha de cola (Mpa), coeficiente de Variação (%) e falha na linha de cola em cada tratamento para posterior discussão, indicação do melhor método para a situação descrita, fabricação de vigas laminadas coladas.

Tabela 2 - Resultados de ensaios de cisalhamento sem tratamento. Fonte: O autor (2016).

Métodos	Cisalhamento (Mpa)	Coeficiente de Variação (%)	Falha (%)
Rolo de Pintura	10,30a	24,29	66,67
Pincel	9,57a	24,25	58,33

Os resultados obtidos nesse trabalho, mostram para o cisalhamento feito na linha de cola sem tratamento, que o método com rolo de pintura atingiu uma média de cisalhamento de 10,30 Mpa atingindo um coeficiente de variação de 24,29 %. Verificou-se uma falha na linha de cola de aproximadamente 67%.

Já para o método de aplicação com pincel, atingiu um cisalhamento de 9,57 Mpa, coeficiente de variação de 24,25 % e 58,33 % de falha na linha de cola testada.

PRATA (2006) descreve a porcentagem de falha da madeira nos ensaios de cisalhamento de linha de cola como uma determinação subjetiva e requer prática ao analista, sendo o quanto de fibra de madeira ficou aderida na linha de colagem em uma determinada área, sendo este valor expresso em porcentagem (%). É recomenda a análise feita por mais de uma pessoa, para que o valor da média tente atingir uma maior precisão, diminuindo assim o erro na amostragem.

Já os valores encontrados de porcentagem da falha da madeira para este perante trabalho, foram feitos por apenas um avaliador.

IWAKIRI et al (2013) encontraram como o maior valor médio de cisalhamento (10,51 MPa) foi obtido para juntas coladas de sequoia com adesivo EPI e gramatura de 200 g/m², e o menor valor médio (7,10 MPa) obtido para juntas coladas de cryptomeria com adesivo PVAc e gramatura de 200

g/m². Quanto à percentagem de falhas na madeira, os valores variaram na faixa de 54,50% a 87,50%.

Comparando resultados de Motta et al (2014) realizaram um trabalho utilizando vários tipos adesivos, como, termoplásticos (Cascorez 2500 e Cascorez 2590), com acetato de polivinila (PVA), termofixo (Cascamite PL 2030 e Cascophen RS-216-M), e a uréia formaldeído (UF) comparar a resistência ao cisalhamento da madeira sólida de teca (*Tectona grandis*), em que a resistência conferida pelo Cascorez 2500 não diferiu estatisticamente daquela obtida pelo Cascophen RS-216-M, resorcinol formaldeído (RF), cuja tensão máxima foi de 12,5 MPa, para a resistência ao cisalhamento na linha de cola, verifica-se que o adesivo Cascorez 2500 proporcionou valor semelhante ao da madeira sólida. Enquanto o adesivo Cascorez 2590 atingiu resistência superior ao da madeira. Já os adesivos Cascophen RS-216-M e Cascamite PL-2030 tiveram resistência na linha de cola inferior ao da madeira sólida.

Para a falha na madeira foi verificado que os adesivos termoplásticos (Cascorez 2500 e 2590) proporcionaram os menores valores absolutos quando comparados com os termofixos (Cascophen RS-216-M e Cascamite PL 2030). Com destaque para o Cascophen RS-216-M, à base de resorcinol formaldeído, com maior valor de falha na madeira, praticamente 100%, e para o Cascorez 2500, com média de 20, (MOTTA, 2014).

Tabela 3 - Resultados de ensaios de cisalhamento com tratamento imersão a água.

Métodos	Cisalhamento (Mpa)	Coefficiente de Variação (%)	Falha (%)
Rolo de Pintura	6,02a	32,08	41,67
Pincel	7,88b	14,18	52,78

Fonte: O autor (2016).

Os resultados obtidos (Tabela 3), mostram para o cisalhamento feito na linha de cola com tratamento sobre imersão a água, que o método com rolo de pintura atingiu uma média de cisalhamento de 6,02 Mpa atingindo um coeficiente de variação de 32,08 % e teve uma resposta de 41,67% de falha na linha de cola,

agora para o método pincel, atingiu um cisalhamento de 7,88 Mpa, coeficiente de variação de 14,18 % e uma falha a linha de cola testada de 52,78%.

Em comparação de trabalho realizado por Iwakiri, et al, (2013), para juntas coladas de sequóia após o pré-tratamento, utilizando com o adesivo PVAc gramatura de 200 g/m²., encontraram como maior valor médio de cisalhamento (5,92 MPa) e com adesivo EPI e gramatura de 150 g/m², e o menor valor médio (1,92 MPa) obtido para juntas coladas da mesma espécie.

Referente a percentagem de falhas na madeira, para juntas coladas encontradas nesses mesmo trabalho, com adesivo PVAc, foram encontrados que as falhas ocorreram na linha de cola, indicando que o pré-tratamento em água fria contribuiu para degradação do adesivo devido à baixa resistência à umidade deste adesivo, mais já para o adesivo EPI contribuiu para obtenção de melhores resultados de falhas na madeira, tendo os valores médios na faixa de 18% a 90% (IWAKIRI, et al, 2013).

Para efeitos de comparações, Iwakiri, et al, (2013) comentam que ainda a poucas informações disponíveis na literatura sobre resultados de ensaios de cisalhamento das juntas coladas após pré-tratamento a úmido.

6. CONCLUSÕES

- A resistência a linha de cola do material através de análise destrutiva, sem tratamento, que não teve diferença significativa para média de cisalhamento, tanto para o rolo de pintura quanto para o pincel, mas ocorreu uma diferença significativa para a falha na linha de cola, podendo ser possível observar que pincel teve um menor e melhor índice de falha no processo. Já para a resistência a linha de cola com tratamento sobre imersão a água, o método pincel foi o mais eficiente em relação ao cisalhamento alcançando 7,88 Mpa, mas teve uma menor eficiência na falha a linha de cola de 52,78%.
- Referente ao resultado das perdas de resina, o pincel foi o que mais garantiu uma aplicação proveitosa de adesivo em todo o processo, pois além de ser mais eficiente na retirada do adesivo nos botes de gramatura, ele precisa de uma menor quantidade de adesivo para se umectar, tendo gerado uma pequena quantidade de adesivo residual de 5% do total para uma viga.
- O tratamento mais viável do ponto de vista econômico, sobre os resultados obtidos para o tempo de aplicação, o pincel alcançou um menor tempo de aplicação na fabricação da viga feita por esse método, um índice importante, pois a manufatura acelerado de produtos industriais dependem muito de uma demanda de grande quantidade em um menor tempo de ocorrência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.** 1997.

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá.,** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

AKZONOBEL. **Companhia global de tintas e revestimentos e uma das principais produtoras de especialidades químicas.** Curitiba-PR, 2008. <Disponível em: <https://www.akzonobel.com/br/>> . Acesso em: 05 de jul. de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2007: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2006.** Curitiba, 2007. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2526>> . Acesso em: 22 de mar. De 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2009: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2008.** Curitiba, 2009. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2526>> . Acesso em: : 22 de mar. De 2016.

AZAMBUJA, M. **Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas** (Tesis doctoral, Ciência e Engenharia de Materiais). São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em:

<<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/viewFile/8714/5169>>

.Acesso em: 22 de abr. de 2016.

BASSA, A. G. M. C. **Misturas de madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla, Eucalyptus globulus e Pinus taeda para produção de celulose Kraft através do Processo Lo-Solids®.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-08032007-162226/en.php>> .Acesso em: 20 de mar. de 2016.

BIANCHE, J. J. **Interface madeira-adesivo e resistência de juntas coladas com diferentes adesivos e gramatura.** Tese. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2014. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/603>>. Acesso em: 15 de nov. de 2016.

CALIL, N. C. **Madeira Laminada Colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo. São Carlos, 2011. 120 f.** 2011. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000087&pid=S0100-6762201300060001900005&lng=en .Acesso em: 22 de mar. De 2016.

CRUZ, M. M. S. **Estudo da molhabilidade da madeira de pinho pela resina ureia-formaldeído.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa. Disponível em: < <http://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/1082>>. Acesso em: 17 de nov. de 2016.

CUNHA, A. B. **Produção de vigas estruturais de madeira avaliadas por meio de ensaios estáticos e dinâmicos.** 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5001>> .Acesso em: 22 de mar. De 2016.

SILVA, D. A.; T, P. F. **Comportamento dimensional da madeira de cerne e alburno utilizando-se a metodologia de análise de imagem submetida a diferentes temperaturas.** Cerne, Lavras, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003. Disponível em:<http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41814863/DIMENSIONAL_BEHAVIOR_OF_THE_WOOD_OF_SAPW20160131-27268-ppk1iw.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1479787611&Signature=412SzeC%2BfR%2Frq8j8a6%2BQ9igAAF8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDIMENSIONAL_BEHAVIOR_OF_THE_WOOD_OF_SAPW.pdf>. Acesso em: 22 de Nov. de 2016.

GRANATO, A. F. **DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <http://www.deciv.ufscar.br/tcc/wa_files/TCC2011-ndre_Granato_12_12_2011_.pdf>. Acesso em: 22 de abr. de 2016.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual.** 2015.

IWAKIRI, S. et al. Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Eucalyptus benthamii* com diferentes adesivos e faces de colagem. 2013. Disponível em: <http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/15584/Scientia_Forestalis_v41_n99_p411-416_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 de nov. de 2016.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. **Curitiba: Fupef**, v. 247, 2005.

MARTO, G. B. T. **Indicações para escolha de espécie de pinus.** Revista da madeira. Ed.119, Ago. 2009. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1381&subject=Pinus&title=Indica%20para%20escolha%20de%20esp%20de%20pinus. Acesso em: 14 de Dez. de 2016.

MARIN, C. P. **Avaliação da resistência de emendas dentadas para madeira laminada colada**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2006, p. 34-35. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-14112014-114009/en.php>> . Acesso em: 22 de abr. de 2016.

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

MENDES, R. F. et al. **Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto**. Piracicaba-SP, 2010. Disponível em:

<http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/16459/Scientia_Forestalis_v38_n86_p285-295_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 21 de mai. de 2016.

MENDES, S. A. et al. Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne, Lavras**, v. 13, n. 3, p. 257-263, 2007. Disponível em : <https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Trugilho/publication/26486013_Production_of_OSB_panels_of_Eucalyptus_spp_clones_with_alternative_resins/links/02e7e539217b4f35d7000000.pdf> . Acesso em: 21 de mai. de 2016.

MOTTA, J. P. et al. **Avaliação da resistência ao cisalhamento de juntas coladas com madeira de teca (*Tectona grandis*) Evaluation of the shear strength of bonded joints of teak wood (*Tectona grandis*)**. Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 615-621, 2014. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura_impressao.asp?Article=15&Number=104>. Acesso em: 17 de Nov. de 2016.

PRATA, J. G. **Desempenho de um sistema de qualidade em uma fábrica de painéis compensados**. 2006. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5129>> . Acesso em: 22 de mar. De 2016.

PRATA, J. G. Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de Pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panels–EGP). **Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2010.** Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5129>> .Acesso em: 20 de mar. de 2016.

SCHULTZ, A. C. P. **Avaliação da colagem e da variação de umidade na produção de painéis de madeira compensada com mistura de espécies.** Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/tccpublicados/tccalessandraschultz.pdf>> .Acesso em: 10 de mar. de 2016.

SHIMIZU, J. Y. S. **Pinus na silvicultura brasileira.** Embrapa Florestas, 2008. Disponível em: <<http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083142.pdf>> .Acesso em: 20 de mar. de 2016.

ZANGIÁCOMO, A. L. **Emprego de espécies tropicais alternativas na produção de elementos estruturais de madeira laminada colada.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2003, p.5. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-26052006-150001/en.php>> .Acesso em: 10 de mar. de 2016.