

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LUCA FERREIRA SCHAYDER

AVALIAÇÃO DA COLAGEM A FRIO EM MADEIRA
SÓLIDA DE *Pinus* sp.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2014

LUCA FERREIRA SCHAYDER

AVALIAÇÃO DA COLAGEM A FRIO EM MADEIRA
SÓLIDA DE *Pinus* sp.

Monografia apresentada ao Departamento
de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo,
como requisito parcial para obtenção de
título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2014

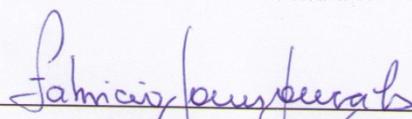
LUCA FERREIRA SCHAYDER

AVALIAÇÃO DA COLAGEM A FRIO EM MADEIRA SÓLIDA
DE *Pinus* sp.

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 15 de dezembro de 2014

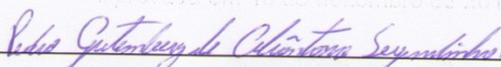
COMISSÃO EXAMINADORA



Fabrício Gomes Gonçalves

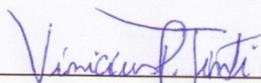
Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador



Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho

Universidade Federal do Espírito Santo



Vinicius Peixoto Tinti

Universidade Federal do Espírito Santo

"Eu acredito demais na sorte. E tenho constatado que quanto mais duro eu trabalho, mais sorte eu tenho."

Thomas Jefferson

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me proporcionar a vida e as oportunidades vividas, sempre me dando oportunidades e força para enfrenta-las com fé.

Aos meus pais, Eraldo e Ercilia, por todo o apoio e dedicação; pelas palavras e ações de amor e repreensão. Pela força e serenidade nas horas mais difíceis que passei, e por sempre me ajudarem no que for preciso sem medir esforços.

Às minhas irmãs, Kamille e Letícia, por serem minhas amigas acima de tudo e no apoio e amor disponível sempre que precisei; e ao meu mais novo irmão Heitor pelas pequenas alegrias do dia a dia nesses apenas dois anos e meio de vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo por proporcionar diversas oportunidades de aprendizado e crescimento durante minha graduação e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira por conceder a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho.

Ao meu professor e orientador Fabricio Gomes Gonçalves, pelo aprendizado, paciência e disponibilidade em orientação, e pelos conselhos dados.

A todos os meus amigos de graduação, e todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do tempo que estive em alegre, que com certeza influenciaram de alguma forma para meu aprendizado e crescimento. Em especial aos meus amigos Rômulo Bayerl e Matheus Carletti, pela amizade e ao Fernando Moreli pela amizade e ajuda na execução deste trabalho.

Ao sempre presente Vinícius Peixoto Tinti, pela total ajuda na execução das atividades desse projeto, os meus agradecimentos.

Ao Elecy Palácio Constantino e ao José Geraldo Lima de Oliveira, por todo o apoio e ajuda.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Com o crescimento do setor florestal, há uma crescente demanda de como gerir os produtos de forma racional proporcionando à indústria uma alternativa viável de material e recursos, dentre eles a utilização do adesivo, que é o enfoque deste trabalho. Sabe-se que o adesivo pode-se chegar a carregar consigo um total de 50% no valor final do produto, fazendo-se assim muito importante sua utilização racional. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência de juntas de madeira de *Pinus* sp., coladas com quatro tipos de adesivos: Ureia Formaldeído (UF), Acetato de Polivinila (PVAc), Tanino puro e Emulsões Poliméricas de Isocianato (EPI). Foi aplicada uma gramatura de cola de 150 g m^{-2} por face resultando em uma linha de cola de 300 g m^{-2} e uma força de prensagem de 12 kgf cm^{-2} por um período determinado, diferentemente para cada adesivo, sendo 3 horas para o EPI, 6 horas para a ureia formaldeído e PVA, e 24 horas para o tanino. Ensaio físicos e mecânicos foram realizados a fim de se obter características importantes da madeira utilizada. Os adesivos também foram caracterizados, mediu-se o pH, densidade, teor de sólidos e viscosidade. No ensaio de cisalhamento da madeira sólida, verificou-se que o cisalhamento perpendicular aos anéis de crescimento foi mais resistente que o paralelo, porém não significativo. A resistência ao cisalhamento na linha de cola de cada adesivo foi realizada e observou-se que a madeira colada com ureia e PVA, foram as que apresentaram resultados satisfatórios, não apresentando diferença estatística entre si, com valores próximos à referência da madeira. Na avaliação de porcentagem de falha na linha de cola o tanino e EPI mostraram resultados inferiores aos da ureia e PVA resultando em uma baixa eficiência e segurança, sendo assim, não indicado para colagem com a madeira de *Pinus* sp.

Palavras chave: Adesivos. *Pinus* sp. Junta colada.

SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 O problema e sua importância	8
1.2 Objetivo	8
1.2.1 Objetivo geral	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Madeira de Pinus	9
2.2 Adesivos para madeira.....	10
2.2.1 Ureia Formaldeído.....	10
2.2.2 Tanino Formaldeído	11
2.2.3 Poliacetato de Vinila.....	12
2.2.4 Emulsões Poliméricas de Isocianato (EPI).....	12
3. METODOLOGIA.....	14
3.1 Origem da madeira.....	14
3.2 Tratamentos avaliados	14
3.3 Descrição do material e preparo da madeira.....	14
3.4 Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira	15
3.4.1 Teor de umidade	15
3.4.2 Densidade Básica.....	16
3.4.3 Ensaio de resistência ao cisalhamento paralelo e perpendicular aos anéis de crescimento	17
4. RESULTADOS DA PESQUISA.....	22
5. CONCLUSÕES	28
5. REFERÊNCIAS.....	29
APÊNDICE	34

1. INTRODUÇÃO

Desde muito tempo a madeira vem sendo utilizada, no início, para fins comuns como lenha, para o abastecimento energético de uma simples fogueira a armas e utensílios “domésticos” (vasilhames). A importância desse material não é recente e isso só mostra o quanto é valioso e necessário pois, sem a madeira, matéria prima de milhões de produtos, seria prejudicada a vida como a conhecemos.

Já os adesivos, possuem grande importância devido, sobretudo, ao seu elevado custo de produção que, segundo Carneiro et al. (2004) e Passos et al. (2006), os adesivos podem representar 50% do investimento total de um produto quando comparado à madeira. Em geral os adesivos empregados na indústria, tanto aqueles estruturais, quanto os não estruturais são, predominantemente, sintéticos. Esses adesivos têm como elemento principal na sua formulação compostos derivados do petróleo e que, por suas excelentes propriedades, têm praticamente substituído as colas naturais.

Essa importância se dá a partir do momento em que o adesivo tem por objetivo e consequência de sua utilização a transformação da madeira, fazendo-a um produto de maior valor agregado, e influencia diretamente na qualidade e durabilidade do produto acabado, assim como em seu preço final.

Nota-se então que os principais adesivos utilizados na indústria madeireira em geral, são os que têm como base da matéria-prima o petróleo em hidrocarbonetos não renovável, assim sendo, um composto limitado, tornando inviável sua utilização através do tempo. Em detrimento a essa substituição tem-se a necessidade do estudo científico mais aprofundado em alternativas para estes, buscando a melhor ou mais viável gramatura para cada tipo de produto. Estudos veem sendo realizado para a obtenção de novas tecnologias e através da pesquisa é possível mostrar se o adesivo pode ser substituído de maneira racional e eficaz.

1.1 O problema e sua importância

Com o crescimento do setor florestal, a evolução tecnológica e a inovação/criação de produtos madeireiros se faz cada vez mais importante o estudo de como viabilizar o uso dos produtos que tenham em sua composição os adesivos.

Aliado a este fato a madeira colada possui grande vantagem pela possibilidade da junção de pequenos pedaços de madeira para formar partes maiores a ser constituído para formulação de vigas estruturais ou peças do setor moveleiro (LIMA JUNIOR et al. 2008).

Sendo assim a confecção de juntas coladas é necessária para obtenção de peças de dimensões exatas demandadas pelo mercado ou mesmo para a eliminação de defeitos na madeira, compondo desta forma uma peça final com menos nós, rachaduras e outros defeitos naturais indesejáveis que ocorrem na madeira. Nota-se então uma demanda clara para a pesquisa de gramaturas adequadas para cada adesivo e produto, para que se possa obter um menor custo final do produto.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento de juntas coladas com madeira de *Pinus*sp..

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os adesivos quanto às suas propriedades;
- Avaliar a resistência da colagem a frio de quatro tipos de adesivos com a mesma gramatura;
- Avaliar a resistência mecânica da madeira sólida em relação a madeira colada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Madeira de Pinus

A madeira é o principal material que contribui de maneira decisiva para a evolução da humanidade. Tornou-se tão íntima das pessoas a ponto de, ainda hoje, exercer um fascínio especial sobre elas. Sobretudo pelo fato de vir das árvores, indispensáveis à nossa sobrevivência (REMADE, 2014b).

Segundo Vicente et al. (2005), o gênero *Pinus* é o mais antigo da família *Pinaceae* tendo surgido há mais ou menos 180 milhões de anos. Originário do Hemisfério Norte, e comumente ocorre nas latitudes 0º a 70º e altitudes de 0 a 3500 metros.

Estima-se que aproximadamente 3,14 mil empresas no Brasil utilizam pinus nos seus processos produtivos, sendo que, a indústria de madeira serrada fica com 48% desse total, celulose e papel 29% e painéis com 18% (REMADE, 2014).

A ABRAF (2013) apresentou dados que de toda madeira plantada de *Pinus sp*, 53,5% é destinado as indústrias de celulose e papel, 24,4% para o setor de painéis e madeira industrializada e 15,9% de produtos independentes.

O pinus foi introduzido com sucesso no Brasil nos anos 70, originado a partir da América do Norte, com maior relevância nas regiões Sul e Sudeste.

Essa maior relevância foi confirmada pela Remade (2002), quando diz que na região sul, as indústrias de madeira serrada e beneficiamento, de laminados e compensados, de painéis reconstituídos de madeira, além do grande volume demandado pelas fábricas de polpa e papel, são em sua maioria fomentadas pela madeira de *Pinus sp*.

O conhecimento das características da madeira permite seu uso de maneira racional. E sua qualidade está conectada com suas características, ou seja, as combinações das características físicas, químicas e anatômicas permite sua melhor utilização para um determinado uso (REMADE, 2003).

2.2 Adesivos para madeira

De acordo com Marra (1992), quanto maior a densidade da madeira menos permeável será ao adesivo, causando uma fraca adesão, logo, uma baixa resistência em testes de cisalhamento paralelo as fibras. Madeiras de densidade diferentes necessitam diferentes tipos de composição de adesivos, objetivando, inicialmente, uma melhor penetração.

Os adesivos são responsáveis pela adesão de dois substratos via forças atrativas intermoleculares, covalentes, metálicas ou secundárias de Van der Walls (PIZZI; MITTAL, 1994). São componentes muito importantes na agregação de valor de um produto final, pois pode chegar a representar 50% do valor final do produto acabado (CARNEIRO et. al., 2004).

Em estudo realizado por Boa et al. (2014), madeiras com densidade igual ou inferior a de $0,65 \text{ g cm}^{-3}$ apresentam juntas coladas de maior qualidade, mostrando-se maiores valores de resistência ao cisalhamento e maior falha na madeira.

Segundo Brady e Kamke (1988) a madeira de modo geral é um material de fácil colagem, pois permite o desenvolvimento de uma linha de cola eficaz. Porém, madeiras de densidades mais elevadas apresentaram ancoragem prejudicada se comparado com madeiras menos densas, isso é explicado pelo fato de que em uma madeira mais densa apresentar uma menor penetração da cola, bem como uma maior perda de cola pelas bordas da peça a ser colada, ocasionando em uma linha de cola de pior qualidade de adesão.

A determinação das propriedades físicas e químicas dos adesivos é de extrema importância para o entendimento do seu comportamento frente à colagem (ALMEIDA, 2009).

2.2.1 Ureia Formaldeído

As indústrias de moveis e painéis utilizam, preferencialmente, nos processos de colagem da madeira e seus diversos produtos os adesivos sintéticos uréia formaldeído e fenol formaldeído (MALONEY, 1993).

A uréia formaldeído é um polímero termorrígido, que não se funde com o aquecimento após colagem por causa das ligações cruzadas formadas durante

o aquecimento, tornando-se infusível e insolúvel, sendo assim, resistentes ao calor (LEITE; LEITE; NOGUEIRA, 2008).

Os adesivos à base de uréia formaldeído (UF), são versáteis e apresentam baixo custo sendo amplamente usados na produção de chapas de partículas, tanto de madeira de coníferas quanto na de folhosas; no entanto, possuem menor resistência à umidade (FRIHART, 2005).

Della Lúcia e Vital (1981), mostraram resultados superiores de resistência ao cisalhamento com a colagem de uréia formaldeído em madeira sólida em relação a PVA e outro adesivo resorcinólico.

2.2.2 Tanino Formaldeído

Teodoro e Lelis (2005) avaliaram a colagem a frio em madeira mediante utilização do adesivo sintético a base de fenol e taninos extraídos da casca de *Eucalyptus pellita* e de acácia negra. Os autores afirmam que os adesivos a base de tanino, puro ou modificado, apresentaram resultados satisfatórios.

Em uma avaliação de propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* colados com tanino formaldeído, Melo et al. (2010) verificaram que estes painéis apresentaram boa resistência mecânica e estabilidade dimensional.

Segundo Hillig, Haselein e Santini (2002), os adesivos à base de tanino têm boa resistência à água e são mais baratos que as colas à base de fenol. De modo geral, entende-se com isso que o tanino formaldeído está em uma posição intermediária entre as colas uréicas e fenólicas, tanto na resistência a umidade quanto na questão do custo de aquisição. No mesmo trabalho os autores afirmam que pela oscilação do preço do petróleo e a fragilidade dos produtos sintéticos advindos de fontes de matéria-prima não renováveis, adesivos que tem como base o petróleo, sentem a influência direta no mercado. Sendo assim o tanino mostra-se mais promissor no aspecto econômico, ganhando espaço na indústria de aglomerado do sul do Brasil e na África.

2.2.3 Poliacetato de Vinila

De acordo com Carneiro, Vital e Pereira (2007), o PVA é conhecido popularmente como cola branca e tem origem a partir da polimerização em fase aquosa do acetato de vinila e estabilizadores.

O comportamento de juntas coladas em madeira de eucalipto foi avaliado por Plaster et al. (2008) mediante uso de adesivos a base de resorcinol-formaldeído e acetato de polivinila. Os resultados foram satisfatório para ambas as resinas. No entanto os autores afirmam que a densidade da madeira influenciou os processos de colagem.

Em outro trabalho realizado por Plaster et al. (2012), foi avaliado dois tipos de acetato de polivinila e o resorcinol formaldeído, os dois PVA's mostraram-se superior em ensaios de resistência ao cisalhamento, em relação ao adesivo à base de resorcinol formaldeído em colagem de madeira de eucalipto em diferentes classes de densidade.

Carneiro, Vital e Pereira (2007) mencionaram que o PVA tem grande aceitação em todos os segmentos do mercado, pelas vantagens oferecidas como: preço relativamente baixo, se comparado a outros adesivos; ser solúvel em água; não inflamável, possuindo ainda uma linha de cola clara ou incolor.

Ferreira et al. (2012) apresentaram bons resultados de resistência ao cisalhamento em madeira colada com PVA. Esse resultado se deve ao fato de que o PVA tem como característica seu bom desempenho plástico, o que foi favorável quando solicitado o esforço de cisalhamento, pois eles absorveram a deformação plástica e conseguiu aumentar a resistência nesta solicitação.

2.2.4 Emulsões Poliméricas de Isocianato (EPI)

O adesivo bicomponente de emulsão de isocianato polimérico (EPI) sem adição de formaldeído é recomendado para aplicações que requeiram excepcional resistência à água, ao calor e a solventes (GROSSL, 2014).

Em ensaios com bambu laminado colado (BLCs) do gênero *Dendrocalamus giganteus* com lâminas tratadas em água e coladas com adesivo de emulsão de isocianato polimérico, Rosa et al. (2014), demonstraram ser mais resistentes que os tratados com melanina ureia formaldeído (MUF) e poliacetato de vinila (PVA).

Para Iwakiriet al. (2014), um aumento no tempo de prensagem resulta em uma maior resistência da linha de cola, apesar de não especificarem até que ponto esse aumento influenciaria na resistência. Na mesma pesquisa, tem-se como resultado que o EPI e o resorcina fenol formaldeído (RFF), não se diferem em relação a resistência final da estrutura das vigas laminadas coladas.

Segundo Frihart (2005), as principais vantagens do EPI é a elevada resistência à umidade e a utilização para colagem de materiais não madeireiros como o plástico. Em contra partida o alto custo do adesivo e a necessidade de mistura com catalisador são as principais desvantagens.

3. METODOLOGIA

3.1 Origem da madeira

A madeira utilizada para realização deste trabalho foi da espécie de *Pinus* sp., adquiridas no comércio local do município de Jerônimo Monteiro, ES, na forma de tábuas nas dimensões de 25 a 30cm de largura e 2,5cm de espessura, isentas de preservativos químicos.

3.2 Tratamentos avaliados

Visando compreender a resistência da madeira quando colada com adesivos estruturais e não estruturais, os seguintes tratamentos foram realizados:

Tabela 1 - Tratamentos executados

Tratamentos	Descrição	Números de corpos de prova
T1	Cisalhamento na madeira (Paralelo aos anéis de crescimento)	38
T2	Cisalhamento na madeira (Perpendicular aos anéis de crescimento)	38
T3	100% Acetato de Polivinila - PVAc	20
T4	100% Uréia Formaldeído	20
T5	100% Tanino formaldeído (50% com água destilada)	20
T6	Emulsões poliméricas de isocianato (EPI).	20

3.3 Descrição do material e preparo da madeira

A madeira de *Pinus* sp., foi armazenada por 3 meses para secagem natural na marcenaria do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro, ES.

Após secas, foram desdobradas a fim de se obter peças com dimensões de 19 mm de espessura, 60 mm de largura e 310 mm de comprimento para a

produção de juntas de madeira (taliscas) que foram posteriormente coladas para os testes de resistência ao cisalhamento na linha de cola (Figura 1).



Figura 1 – Peças de madeira desdobradas para confecção das taliscas. Fonte: o autor.

3.4 Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira

3.4.1 Teor de umidade

A confecção dos corpos de prova para obtenção da umidade, seguiram as recomendações da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), com pequenas modificações nas dimensões e quantidades de corpos de prova. A dimensão então ficou: 2cm de espessura, 2cm de largura e 3cm de comprimento, com um total de 12 amostras.

Os corpos de prova foram pesados em uma balança analítica de precisão 0,01g para a obtenção de sua massa verde em gramas no momento da coleta, posteriormente eles foram colocados em uma estufa à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até que após pesagens consecutivas mostrasse estagnação confirmando que estaria completamente seca. Após esta detecção as amostras foram colocados em um dessecador por 15 minutos para estabilização para que então prosseguisse com a pesagem para a determinação de sua massa seca em gramas (g). Obteve-se a média dos doze valores do teor de umidade seguindo a equação da umidade (Equação 1):

$$U = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

Onde: U = teor de umidade (%); M_u = massa inicial (g); e, M_s = massa da madeira seca em estufa (g).

3.4.2 Densidade Básica

A densidade básica foi obtida a partir da média de 20 corpos de prova, obtidos de forma aleatória à partir das tábuas utilizadas no projeto. Como método de saturação, os corpos de prova foram expostos a um recipiente com vácuo por cerca de 3 semanas. Após o saturamento foram submetidos ao método de empuxo em água, onde cada corpo de prova foi submerso e sua massa obtida pela balança analítica (Figura 2).



Figura 2 – Submersão dos corpos de prova em água para obtenção do volume visando a determinação da densidade básica. Fonte: o autor.

Após essa pesagem os vinte corpos de prova ficaram por 3 dias à estufa sob temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para secarem completa.

Depois de secos, os corpos de prova foram dispostos em um dessecador por cerca de 5 minutos para estabilização e posteriormente

pesados para quantificar a massa seca em estufa, procedimento adotado conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997) (Equação 2).

$$D = \frac{P_{(c.s.)}}{V_{(c.sst.)}} \quad (2)$$

Onde: D = densidade básica (g cm^{-3}); P = Peso da madeira seca em estufa (g); e, V = volume da madeira saturada (cm^3).

3.4.3 Ensaio de resistência ao cisalhamento paralelo e perpendicular aos anéis de crescimento

Parte do material foi seccionada em dimensões com pequenas modificações a partir da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), nos corpos de prova (16mm de espessura, 16mm de largura e 20mm de comprimento), necessárias para a adequação das dimensões nas quais se apresenta as tábuas de *Pinus* sp. (Figura 3).

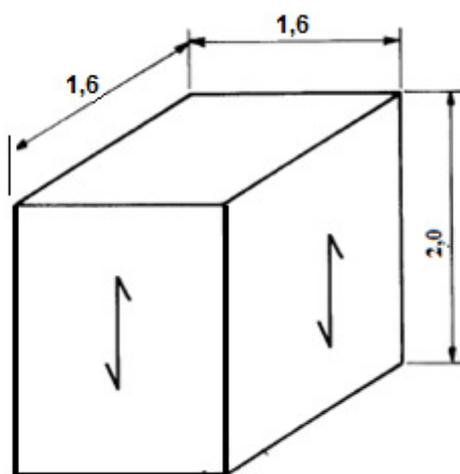


Figura 3 – Esboço para teste de cisalhamento perpendicular e paralelo aos anéis de crescimento, medidas em cm. Fonte: o autor.

Os corpos de prova foram utilizados para realização dos ensaios de resistência ao cisalhamento paralelo e perpendicular aos anéis de crescimento. Um total de 38 corpos de prova para o cisalhamento paralelo e 38 para o cisalhamento perpendicular.

Os ensaios de cisalhamento da madeira (tratamento referência) foram necessários para comparações entre os valores obtidos neste ensaio e no ensaio de resistência na linha de cola, utilizando-se uma máquina universal de tomada de dados automatizados (Figura 4).



Figura 4 – Máquina de ensaios com tomada automática de dados. Fonte: o autor.

3.5 Caracterização dos adesivos

As características de cada adesivo foram obtidas no momento de seu preparo. Caracterizou-se o pH, o teor de sólidos, a viscosidade e a sua densidade.

A determinação do pH foi realizada utilizando-se um pHmetro digital (Figura 5).



Figura 5 - pHmetro utilizado para medição do pH dos adesivos. Fonte: o autor.

O teor de sólidos (%) foi obtido pela razão entre a massa seca e a massa úmida do adesivo após estagnação da massa estando em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

A determinação da densidade (g ml^{-1}) foi obtida por meio da relação entre a massa e o volume ocupado pelo adesivo em um recipiente com volume conhecido, que foi preenchido com o adesivo e pesado em balança analítica.

A viscosidade (Cp) foi obtida por intermédio de um viscosímetro digital com hastes diferentes para cada adesivo empregado (Figura 6).



Figura 6 – Viscosímetro digital para obtenção da viscosidade dos adesivos.
Fonte: o autor.

3.6 Preparo da cola e colagem das taliscas

Um total de quatro adesivos foram utilizados neste trabalho: poliacetato de vinila (PVA), o tanino formaldeído, ureia formaldeído (100%) e emulsões poliméricas de isocianato (EPI). Como após ocorrido a cura alguns adesivos não apresentam nenhuma coloração, foi utilizado corantes (anilina), para facilitar a identificação durante a análise de falhas na linha de cola.

Para a colagem, selecionaram-se as talistas de madeira sem defeitos como nós, empenamentos e rachaduras. Essas mesmas foram dispostas em câmara de climatização por 30 dias a 25°C e 60% de umidade relativa para a estabilização.

Após decorrer este período, as taliscas foram coladas a frio com gramatura de adesivo de 300 g m^{-2} (Figura 7), distribuídos por meio de uma espátula, conforme procedimento adotado por Boa et al. (2014).



Figura 7 – Colagem: a) pesagem do adesivo e b) espalhamento do adesivo. Fonte: o autor.

Depois de feito isto, as taliscas foram prensadas a frio em prensa hidráulica manual a 12 kgf cm^{-2} . Para cada adesivo utilizou-se tempo de prensagem diferente, sendo: 6 horas para o PVA e a ureia formaldeído, 24 horas para o tanino formaldeído e 3 horas para o EPI. Posteriormente foram dispostas em câmara climatizada a 20°C e 65% umidade relativa por um período não inferior a 15 dias.

3.7 Ensaio de resistência ao cisalhamento na linha de cola

Após a estabilização na câmara climática, foram confeccionados os corpos de prova a partir da norma D905-08 (ASTM, 2013) (Figura 8).

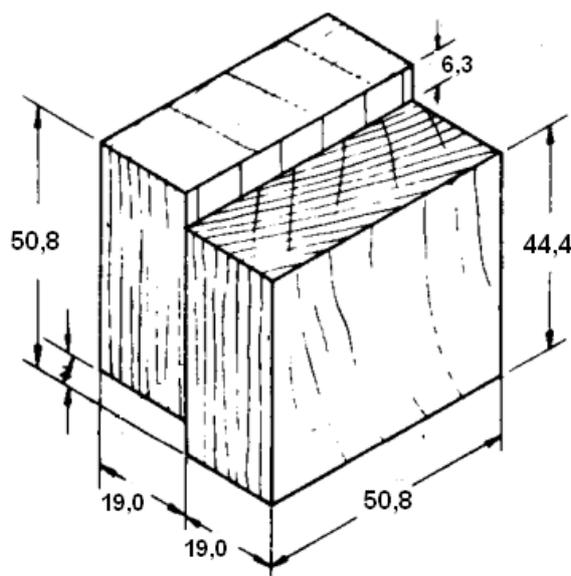


Figura 8 - Esboço do corpo de prova para realização do ensaio de resistência ao cisalhamento na linha de cola (dimensões em mm). Fonte: ASTM (2013).

Os ensaios de resistência ao cisalhamento da linha de cola foram realizados em máquina universal de ensaios, com tomada automática de dados (Figura 4), necessitando, porém, das medidas dos corpos de prova, obtidos com paquímetro digital respeitando as condições contidas na norma D905-08 (ASTM, 2013).

A falha na madeira foi obtida pelo método descrito pela ASTM (2013), através do auxílio de uma película transparente quadriculada disposta sobre a área colada cisalhada.

3.8 Análise estatística

O experimento foi idealizado no Delineamento Inteiramente Casualizado com seis tratamentos. Realizou-se o teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variâncias e o teste de Watson para a normalidade dos dados. Sendo necessário, os dados serão transformados em raiz $[(X + 1)]$, para verificação da heterogeneidade da variância.

Havendo diferença ao nível de 95% de probabilidade na Análise de Variância, aplicar-se-á o teste de Tukey a 5% de significância.

4. RESULTADOS DA PESQUISA

4.1 Propriedades físicas e mecânicas da madeira

Os dados referentes às propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus sp.* estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades físicas e mecânica da madeira de *Pinus sp*

Umidade (%)	Densidade (g cm ⁻³)	Cisalhamento (MPa)	
		Paralelo	Perpendicular
13,46	0,46 (0,036)	7,76 a (24,40)	8,07 a (19,71)

*valores entre parênteses são os coeficientes de variação.

A madeira foi adquirida no comércio local, saturada e armazenada em local protegido das intempéries. Com o tempo a madeira foi secando como um processo natural, onde o fluxo de massa de água ocorre por capilaridade e difusão, resultante de gradientes de umidade. O teor de umidade de 13,46 % foi obtido no momento do corte e preparo das peças para o cisalhamento, tendo em vista que no momento dos ensaios de cisalhamento houve mudança em seu valor, já que a madeira procura sempre se estabilizar com a umidade de equilíbrio.

As propriedades da madeira possuem um nítido efeito na colagem e, geralmente, as madeiras de folhosas apresentam maiores dificuldades do que as de coníferas (KOLLMANN; KUENZI; STAMM, 1975).

De acordo com Marra (1992), as propriedades anatômicas da madeira estão diretamente relacionadas com sua ancoragem na estrutura da madeira, ou seja, sua movimentação para o interior promovendo a cura. Sendo assim, maiores densidades apresentam ancoragem prejudicada.

Com relação as amostras de *Pinus sp.* a densidade, não teve grandes variações entre si observando uma média de 0,46 g cm⁻³ e desvio padrão de +/- 0,036 (Tabela 2), sendo que esse desvio ocorreu pelo fato da madeira ser um

material heterogêneo, sendo assim, mesmo dentro de uma mesma árvore ocorrem variações em suas propriedades.

Baêta e Sartor (1999) afirmaram que, em vigas de madeira, o cisalhamento perpendicular não apresentam problemas estruturais, quando que, em cisalhamento paralelo, o deslizamento de fibras é frequente e deve ser verificado.

Em estudo feito por Severo (2000), foi analisada a resistência ao cisalhamento e a compressão em relação aos anéis de crescimento para *Eucalyptus dunnii* e concluiu que o cisalhamento perpendicular mostrou-se mais satisfatório em relação a resistência paralela aos anéis.

No presente trabalho essa diferença de resistência foi perceptível, confirmando que o cisalhamento perpendicular aos anéis de crescimento apresenta real superioridade em relação ao paralelo aos anéis, porem não se distinguiram estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

4.2 Propriedades dos adesivos

A análise dos dados encontrados sobre as propriedades dos adesivos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos adesivos

Adesivo*	Propriedades			
	Densidade (g cm ⁻³)	pH	Teor de Sólidos (%)	Viscosidade (Cp)
UF	1,396	8,03	64,24	724.182,00
TF	1,234	3,26	46,34	503,3
PVA	1,082	2,53	48,73	2.719,5
EPI	1,128	7,75	46,81	11.500,0

*UF: Ureia formaldeído; TF: Tanino formaldeído; PVA: Poliacetato de vinila; EPI: Emulsões poliméricas de isocianato.

Analisando a Tabela 3 nota-se algumas diferenças marcantes, como na viscosidade, em que a Ureia formaldeído apresenta valor muito superior aos demais, provocado possivelmente pelo tempo de armazenamento ou ainda pelo alto teor de sólidos, conforme sugerido por Gonçalves e Lelis (2009).

Uma baixa viscosidade facilita em muito a pulverização de uma resina e o contrário, uma viscosidade maior que 1500 Cp dificulta a aplicabilidade da cola. (GONÇALVES; LELIS, 2009).

A viscosidade é a capacidade ou velocidade em que um fluido possui de se movimentar sobre um corpo, logo esperava-se que o adesivo advindo da ureia apresente maior dificuldade na hora do preparo das taliscas para colagem, tanto para o espalhamento quanto para ancoragem no substrato madeira, o que não aconteceu. Continuando no mesmo panorama, na outra extremidade da tabela, encontra-se o Tanino formaldeído, apresentando menor viscosidade entre os quatro adesivos, e melhor fluidez do mesmo para o preparo do material.

A ureia formaldeído mostrou-se superior novamente em relação ao teor de sólidos totais. Os quatro adesivos apresentaram densidades semelhantes.

Como neste trabalho não aplicou-se o adesivo por atomização, a viscosidade não seria um fator limitante, já que a superfície do aderente foi perfeitamente coberta.

4.3 Teste de resistência ao cisalhamento na madeira e na linha de cola

A partir da análise da Figura 9 se consegue concluir diferenças significativas no valor de resistência ao cisalhamento na linha de cola.

Observa-se o PVA e a Ureia formaldeído bem aparelhados mostrando melhor resistência que os demais tratamentos e ligeiramente melhor com relação a madeira sólida, mas não diferentes significativamente. De acordo com REMADE (2008), devido suas boas propriedades, o PVA é universalmente utilizado, tanto para madeira sólida quanto para painéis sarrafeados, emendas “finger-joint”, laminação e na montagem de componentes de móveis.

Almeida et al. (2004), também obtiveram resultado semelhante na colagem com os adesivos de PVA e Ureia formaldeído, com ligeira vantagem do PVA. Segundo Ferreira et al. (2012), PVA pode se tornar uma boa alternativa de substituição aos adesivos convencionais como a Ureia, pelo menos para uso em que o cisalhamento é exigido.

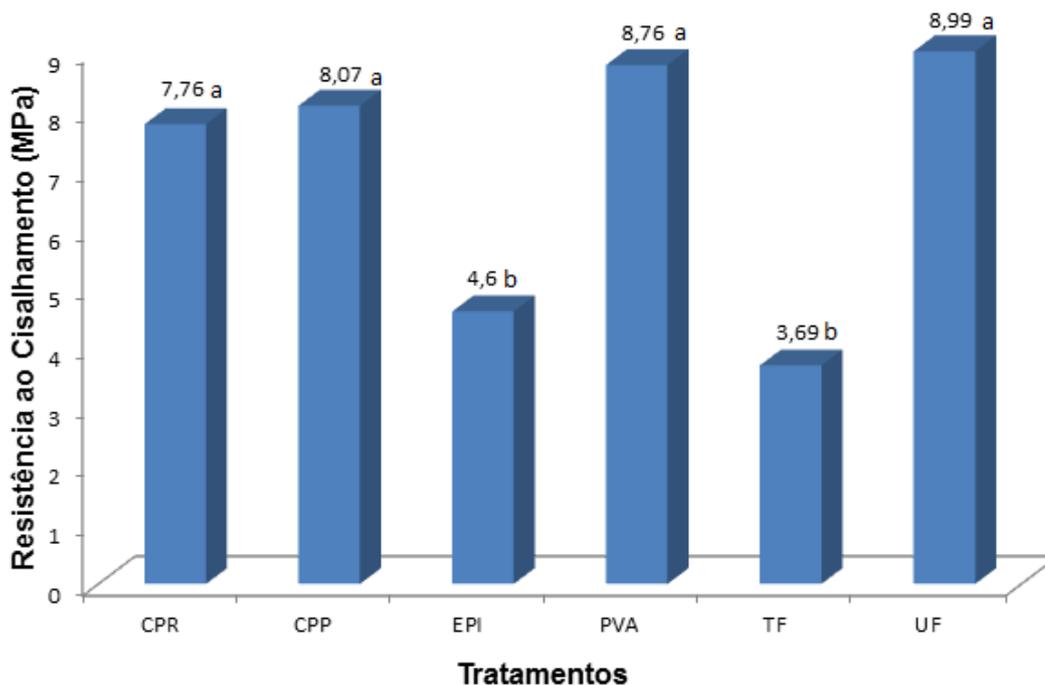


Figura 9 – Análise da resistência ao cisalhamento na madeira paralela e perpendicular aos anéis de crescimento e na linha de cola da madeira de *Pinus* sp.. CPR: Cisalhamento paralelo aos anéis de crescimento; CPP: Cisalhamento perpendicular aos anéis de crescimento; UF: Ureia formaldeído; PVA: Poliacetato de vinila; EPI: Emulsão poliméricas de isocianato; e TF: Tanino formaldeído. Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de significância.

De acordo com a norma americana ASTM D-5751 (2005), o valor médio de resistência ao cisalhamento pela junta colada deve ser de pelo menos 60% do valor obtido pelo ensaio da madeira sólida, que nesse caso seria de 4,656 Mpa. A ligação adesiva com Tanino, não atingiu mínimo de segurança estipulado, pela linha de fuga elevada. O EPI se igualou.

Teodoro e Lelis (2005) mencionaram que adesivo confeccionado com tanino proporcionou boa resistência ao cisalhamento na linha de cola para madeira de cedrinho (valores médios de 5,12 MPa) bem superiores deste estudo (3,69 Mpa).

De maneira geral o uso de PVA e Ureia são mostrados como satisfatório e superior tanto para cisalhamento paralelo quanto para cisalhamento perpendicular aos anéis de crescimento.

4.4 Falha na linha de cola

A falha na madeira após feito o cisalhamento observa-se na Figura 10.

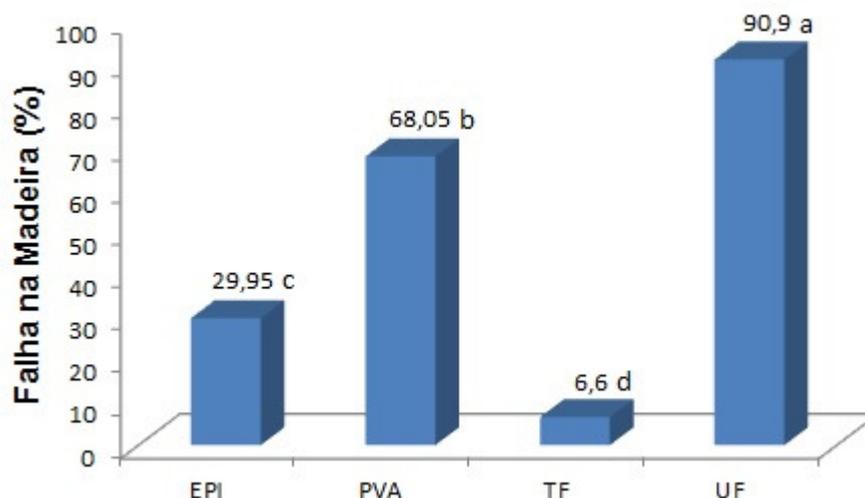


Figura 10 – Falha na linha de cola para os adesivos testados. EPI: emulsões poliméricas de isocianato; PVA: poliacetato de vinila; TF: tanino formaldeído; UF: ureia formaldeído. Médias com mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de significância.

Todos os tratamentos demonstraram diferenças significativas entre si, porém nota-se menor relevância nas colas de EPI e TF, que apresentaram porcentagens altas de rompimento na linha de cola, 70,05 e 93,4% respectivamente, mostrando maior insegurança que a UF e o PVA, quanto a resistência ao cisalhamento para a colagem de madeira sólida de *Pinus* sp.

A Figura 11 ilustra a situação dos corpos de prova após o ensaio de cisalhamento na linha de cola.

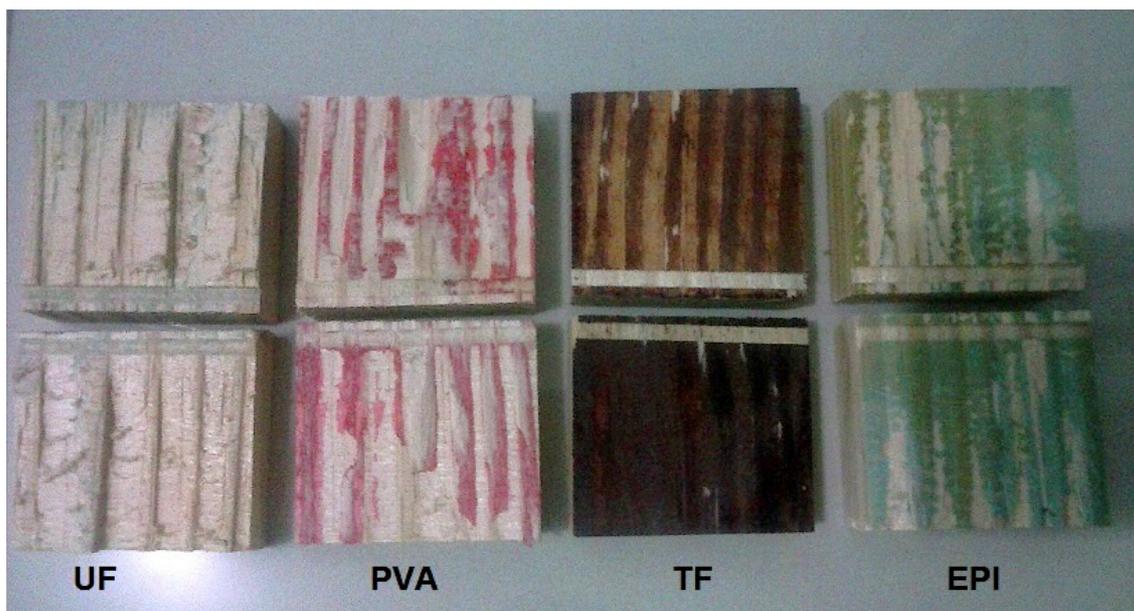


Figura 11 – Corpos de prova após ensaio de cisalhamento na linha de cola.
Fonte: o autor.

Todos os quatro tratamentos apresentaram resultados esperados se comparados com os resultados de resistência ao cisalhamento na linha de cola. Em ordem decrescente de resistência encontra-se em primeiro a ureia formaldeído seguido do poliacetato de vinila, emulsão poliméricas de isocianato e por ultimo o tanino formaldeído.

Na literatura encontramos alguns trabalhos que mostram resultados de porcentagens semelhantes, como Feuchard (2012), que apresenta porcentagem de 69% de falha na linha de cola para a ureia formaldeído, ou então no trabalho de Motta, Oliveira e Alves (2012), que encontraram para o PVA valores variando de 64,69 a 94,15% de falha na linha de cola.

Dentre as quatro colas apenas a ureia formaldeído e o poliacetato de vinila superam o valor de 60% de rompimento na madeira, a qual é recomendada pela ASTM D-5751 (2005).

Alteração na formulação da solução de tanino como um aumento de sólidos e, conseqüentemente, um aumento da viscosidade poderia contribuir para aumentos significativos nos valores de resistência ao cisalhamento. A utilização de uma solução de tanino a 50% também poderia ser uma alternativa.

5. CONCLUSÕES

- A união de peças coladas com PVAc e UF mostraram-se satisfatórias, destacando-se a UF, em ambiente com umidade controlada.
- A densidade da madeira de pinus não influenciou no comportamento da resistência na linha de cola.
- A solução de tanino de 50% não é recomendada para colagem de madeira de pinus.
- O adesivo de emulsão polimérica de isocianato não apresentou resultados de resistência ao cisalhamento satisfatório mínimo se comparado à madeira.
- Resistências ao cisalhamento da junta colada que apresentar valor menor que 60% da resistência da madeira, mostrando-se inseguro para o uso e apresentam alto rompimento na linha de cola.
- Teores de viscosidade muito baixos (inferior a 1500 Cp) apresentam linha de cola fraca, devido fácil penetração do adesivo na madeira de *Pinus* sp..

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **ABRAF**. Brasil, 2013.

ALMEIDA R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JAMKOWSKY I. P. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**. v. 11, n. 1, p. 14-24, 2004.

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá**. 2009, 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-905-08**: Standart test for strenght properties of adhesive bonds in shear by compression loading. West Conshohocken, PA, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1037-12**: Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. West Conshohocken, PA, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-5751**: Adhesives used for laminate joints in nonstructural lumber products. West Conshohocken, PA, 2005. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BAÊTA, F. C.; SARTOR, V. **Resistências dos materiais e dimensionamento de estruturas para construções rurais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 46 p.

BERALDO, D. D. Vigas de madeira laminada coladas com o adesivo poliuretano à base de óleo de mamona: ensaios de flexão estática em escala natural. **Simpósio Internacional de Iniciação Científica**. 15 edição, 2007.

BOA, A. C.; et al. C. Resíduos madeireiros de eucalipto colados com resina ureia formaldeído à temperatura ambiente. **Scientia Forestalis**, v. 42, .n 102, p. 279-288, 2014.

BRADY, D. A.; KAMKE, F. A. Effects of hot-pressing parameters on resin penetration. **Forest Production Journal**. [S.], v. 38, n. 11/12, p. 63-68, 1988.

CARNEIRO, A. C. O.; et al. Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de uréia-formaldeído e de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 715-724, 2004.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, F. A. Adesivos e sua importância na indústria madeireira. In: **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Eds.: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Vitória: Gráfica Aquarius, p.99-128, 2007.

CERCHIARI, A. M. F. **Aprimoramento do poliuretano a base de óleo de mamona na manufatura de madeira laminada Colada (MLC) de *Cruperssus lusitanica*, *Corymbia maculata* e *Hevea brasiliensis***. 2013, 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. 2013.

DELLA LÚCIA, R. M.; VITAL, B. R. Avaliação da qualidade de juntas coladas de madeira de três espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.2, n.5, p.172-180, 1981.

FERREIRA, B. S.; et al. Cisalhamento na linha de cola de compensados de *Eucalyptus* sp. e adesivo PVA. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 141-146, 2012.

FEUCHARD, L. D. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE *Casuarina equisetifolia*. 2012, 44 f. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2012.

FRIHART, C. Wood Adhesion and Adhesives. In: **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Org: Rowell, R. M. p. 213-276. 2005.

GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C. Propriedades de duas resinas sintéticas após adição de tanino modificado. **Floresta e Ambiente**, v. 16, n. 2, p. 01-07, 2009.

GROSSL – Fabricante de adesivo de Emulsão Poliméricas de Isocianato. 2014. Disponível em: <<http://www.grossl.com.br/produtos/16-31/Linha+Industrial+para+Madeira/?pg=2>> . Acesso em: 15 nov. 2014.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

IWAKIRI, S.; et al. Avaliação do potencial de uso da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Grevilea robusta*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata* para produção de painéis OSB. **Cerne**, 20, n. 2, p. 277-284, 2014.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. v. 2. 703p.

LEITE, A. A. L.; LEITE, C. A.; NOGUEIRA, V. F. Padronização da técnica utilizada no preparo de resina á base de uréia-formaldeído para as aulas práticas de química. **Anuário da produção acadêmica docente**, v. 2, n. 3, p. 31-40, 2008.

LIMA JUNIOR, D. L.; et al. **Madeira de lei**. Universidade do Amazonas - UNAMA. 27p. 2008.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman, 1993. 681p.

MARRA, A. A., **Technology of wood bonding**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.

MELO, R. R.; et al. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* colados com ureia-formaldeído e tanino-formaldeído. **Floresta**, v. 40, n. 3, p. 497-506, 2010.

NASCIMENTO, A. M.; et al. Comportamento de ligações adesivas em madeiras de reflorestamento. *Floresta e Ambiente*, v. 9, n. único, 2002.

PASSOS, O. S.; et al. Estudos preliminares de juntas de madeira-madeira coladas com material polimérico: Superfície de fratura. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS**. Anais... 17; CBECM/PR. 2006.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcell Deckker, 1994. 680 p.

PLASTER, O. B.; et al. Comportamento de juntas coladas na madeira serrada de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v 14, n. 3, p. 251-258. 2008.

PLASTER, O. B.; et al. Comportamento da adesão da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* proveniente de três condições de manejo. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 102, p. 303-310, 2012.

REMADE. Adesivo à base de mamona para compensado. **Revista da Madeira**. Notícia, junho de 2014a.

REMADE. Painéis. **Revista da Madeira**. Ed. n. 68, ano 12, dezembro de 2002.

REMADE. MADEIRA: Pinus, madeira do presente e do futuro. **Revista da Madeira** Ed. n. 72, junho de 2014b.

REMADE. Propriedades da madeira de *Pinus elliottii*. **Revista da Madeira** Ed. n. 89, abril de 2005.

REMADE. Variação da densidade da madeira de pinus. **Revista da Madeira**. Ed n. 83, agosto de 2004.

REMADE. Os conceitos de qualidade de uso múltiplo para madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, n. 75, agosto de 2003.

ROSA, R. A.; et al. Efeitos do tratamento preservativo e adesivo nas características do laminado colado de duas espécies de bambu. **Scientia Forestalis**, v. 42, .n 103, 2014.

TEODORO, Â. S.; LELIS, R. C. C. Colagem de madeira sólida com adesivo natural à base de tanino. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Seropédica, RJ: EDUR, v. 25, n. 1, p. 55059. 2005.

VICENTE, A. T. V.; et al. **Variação radial e axial da massa específica básica e das contrações da madeira de quatro procedências de *Pinus***. Embrapa, Boletim de pesquisa e Desenvolvimento. Brasília, DF, 2005.

APÊNDICE

A – ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Tabela A.1 – Análise BARTLETT da resistência ao cisalhamento perpendicular e paralelo aos anéis de crescimento da madeira sólida e na linha de cola. RAIZ ($X + 0,1$).

```

=====
ASSISTAT - TESTE DE BARTLETT
http://www.assistat.com
=====
Data: 03/12/2014 Hora: 16:59:12

```

Tratamento	Média	Variância
1	2.78553	0.10946
2	2.84658	0.07910
3	2.11000	0.25650
4	2.96950	0.03457
5	1.88050	0.26226
6	3.01000	0.02416

H0: As variâncias são homogêneas

```

Estatística do teste (X²):      42.47658
Valor crítico (alfa = 5%):     11.07048
Valor crítico (alfa = 1%):     15.08632

```

$X^2 > X^2(1\%)$ H0 foi rejeitada p < 0.01

VarMax = 0.26 VarMin = 0.02 Rvar = 10.86

DADOS

```

-----
Os dados não foram apresentados porque
a tabela excede a largura desta tela
ou porque a quantidade deles é grande
-----

```


Tabela A.3 – Análise BARTLETT de falha na linha de cola.

```

=====
ASSISTAT - TESTE DE BARTLETT
http://www.assistat.com
=====
Data: 03/12/2014 Hora: 17:33:55

-----
Tratamento      Média      Variância
-----
1                29.95000   830.99737
2                68.05000   343.94474
3                 6.60000   101.09474
4                90.90000   114.83158
-----

H0: As variâncias são homogêneas

Estatística do teste (X²):      27.57094
Valor crítico (alfa = 5%):      7.81473
Valor crítico (alfa = 1%):     11.34488

X² > X²(1%)   H0 foi rejeitada   p < 0.01

VarMax = 831.00  VarMin = 101.09  Rvar = 8.22

DADOS
-----
Os dados não foram apresentados porque
a tabela excede a largura desta tela
ou porque a quantidade deles é grande
-----

```

Tabela A.4 – Análise de variância de falha na linha de cola.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO				
QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	85582.25000	28527.41667	82.0420 **
Resíduo	76	26426.50000	347.71711	
Total	79	112008.75000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
3	76	4.0515	82.042	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	29.95000	c
2	68.05000	b
3	6.60000	d
4	90.90000	a

dms = 15.50665

MG = 48.87500 Ponto médio = 50.00000 CV% = 38.15

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
shapiro-wilk (w)	0.87254	0.00000	Não

Tabela A.5 – Análise de normalidade Watson da resistência ao cisalhamento perpendicular e paralelo aos anéis de crescimento da madeira sólida e na linha de cola.

=====

ASSISTAT - NORMALIDADE E ESTATÍSTICA DESCRITIVA
<http://www.assistat.com>

=====

Data: 16/12/2014 Hora: 13:05:06

NORMALIDADE (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	valor	vcrit	p-valor	Normal
Kolmogorov-Smirnov (D)	0.09496	0.07133	p < .01	Não
Cramér-von Mises (w2)	0.28208	0.12560	p < .01	Não
Anderson-Darling (A2)	1.60059	0.76809	p < .01	Não
Kuiper (v)	0.13740	0.11812	p < .01	Não
watson (U2)	0.23154	0.11563	p < .01	Não
Lilliefors (D)	0.08855	0.07094	p < .01	Não
Shapiro-wilk (w)	0.96621	-	0.00072	Não

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Número de dados = 156
 Soma dos dados = 1122.5
 Menor valor (min) = .69
 Maior valor (max) = 12.25
 Aplitude (max - min) = 11.56
 Ponto médio = 6.47000
 Média aritmética(M) = 7.19551
 Lim.conf.inf.da M(95%) = 6.80926
 Lim.conf.sup.da M(95%) = 7.58177
 Mediana = 7.6
 Moda = 8.04
 Moda = 8.14
 Desvio médio = 1.92229
 Desvio padrão(para N-1) = 2.46138
 Desvio padrão(para N) = 2.45348
 Variância(para N-1) = 6.05840
 Variância(para N) = 6.01957
 Coef.Variação(para N-1) = 34.20719
 Coef.Variação(para N) = 34.09737
 Coef.de assimetria = -.61746
 Coef.de curtose = .13537

(para N-1)=Amostra (para N)=População

Para cálculo da estatística (w) de Shapiro-wilk e da sua probabilidade (p-valor), o Assistat utiliza o Algorithm AS R94, Applied Statistics (1995), vol.44, no.4, 547-551