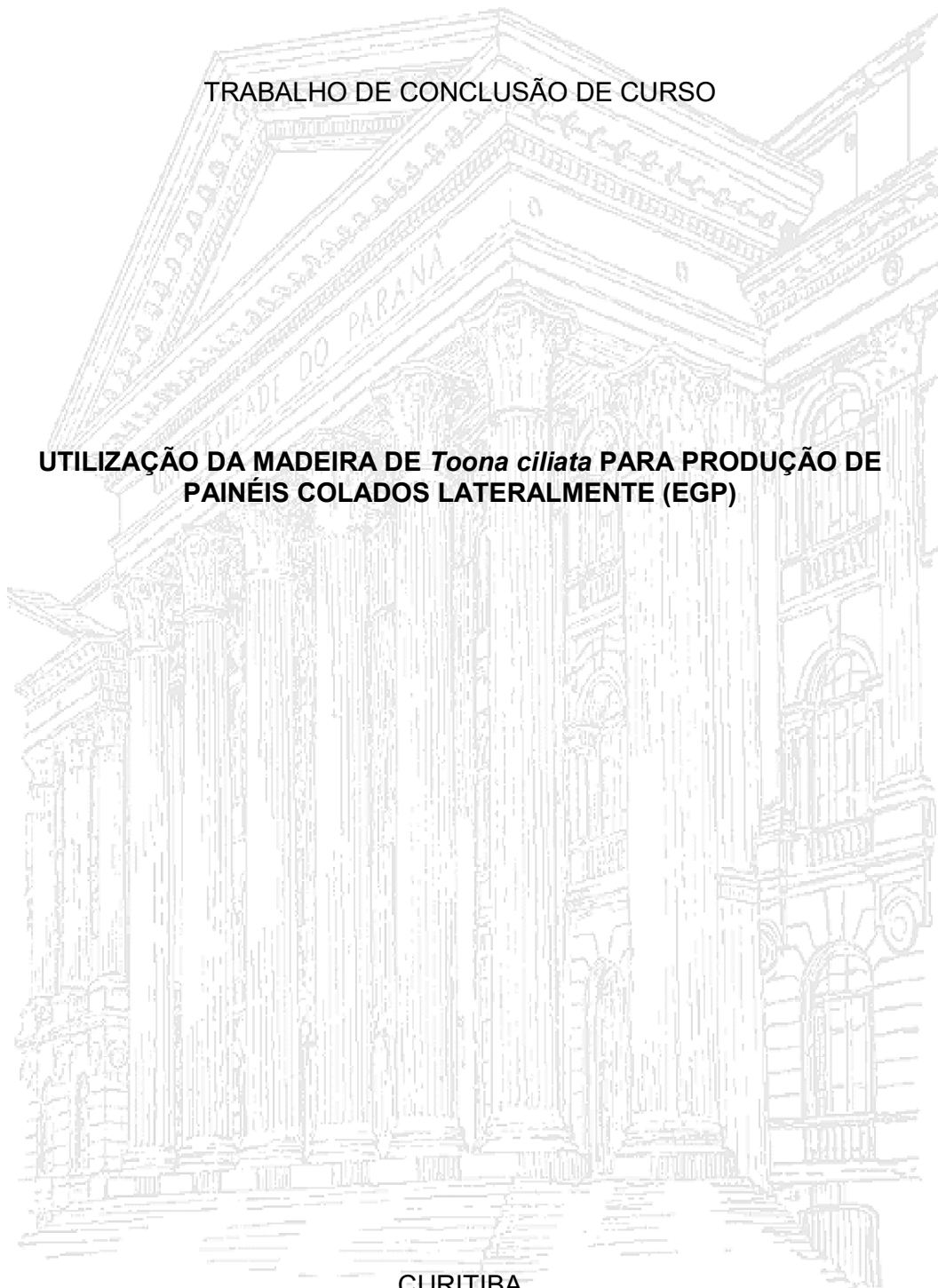


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

CRISTINE BUERGER WINTERS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Toona ciliata* PARA PRODUÇÃO DE  
PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE (EGP)**



CURITIBA  
2017

CRISTINE BUERGER WINTERS

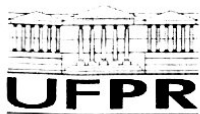
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Toona ciliata* PARA PRODUÇÃO DE  
PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE (EGP)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF010 e requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosilani Trianoski

CURITIBA  
2017



**PARECER**

Defesa nº 92

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) acadêmico(a) **Cristine Buerger Winters**, em relação ao seu trabalho de conclusão do curso intitulado **“Utilização de madeira de *Toona ciliata* para produção de painéis colados lateralmente (EGP)”** é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a) na Disciplina ENGF010 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, condicionada à entrega da versão final corrigida.

Prof. Dr. Setsuo Iwakiri  
DETF – Universidade Federal do Paraná  
Primeiro(a) examinador(a)

Prof. Dr. Jorge Luis M. Matos  
DETF – Universidade Federal do Paraná  
Segundo(a) examinador(a)

Prof. Dr. Rosilani Trianoski  
DETF – Universidade Federal do Paraná  
Presidente da banca examinadora

Curitiba, 14 de junho de 2017

Prof. Dr. Umberto Klock  
Coordenador do Curso de Engenharia Florestal

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela contribuição acadêmica, pessoal e profissional.

Ao coordenador do curso Prof. Dr. Umberto Klock e à vice-coordenadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Dalla Corte, pelo competente suporte oferecido.

Aos funcionários do Centro de Ciências Florestais e da Madeira (CIFLOMA) e da UFPR como um todo, que de alguma forma cooperaram no processo acadêmico.

Aos companheiros do curso, pela convivência, amizade e apoio.

Aos examinadores da banca, pela disposição.

Em particular, à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosilani Trianoski, pela disponibilidade e exímia orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, familiares, mentora e amigos, pela paciência, colaboração, força e incentivo.

A Deus, pela inteligibilidade do Universo.

## **DADOS DA ACADÊMICA**

Aluna: Cristine Buerger Winters

GRR: 20122362

## RESUMO

Os painéis colados lateralmente (EGP) são considerados produtos de maior valor agregado, devido à valorização da madeira por meio da sua utilização em sarrafos. Possuem vantagens quando comparados à madeira sólida nos quesitos: resistência mecânica, estabilidade dimensional e dimensões variadas. Esse tipo de painel apresenta viés estético, destinando-se principalmente para uso interno em móveis e portas. Dessa forma, madeiras visualmente atraentes se mostram como potencial uso para esta finalidade, como é o caso de *Toona ciliata* (cedro australiano). Essa espécie apresenta madeira de forte cor marrom-avermelhada, semelhante ao mogno e cedros brasileiros, além de ser de fácil trabalhabilidade. Então, considerando o que foi exposto, desenvolveu-se este estudo com o intuito de avaliar a viabilidade de utilização da madeira de *T. ciliata* para a produção de juntas coladas destinadas à painéis colados lateralmente. Para tal, foram avaliados os adesivos EPI e PVAc, sob as condições úmida e seca, com gramaturas 140, 180 e 220 g/m<sup>2</sup>, configurando 6 tratamentos. Com relação aos resultados obtidos, observou-se massa específica média aparente para a madeira de *T. ciliata* de 0,441 g/cm<sup>3</sup>, sendo classificada como de baixa densidade. Todos os tratamentos submetidos à condição seca atenderam ao 5º percentil exigido pela norma EN 13353:2008, de 2,5 MPa. O adesivo EPI apresentou melhor desempenho no ensaio de resistência ao cisalhamento da colagem lateral frente ao PVAc. Em relação à gramatura, observou-se que a de 220 g/m<sup>2</sup> foi a que proporcionou maior valor de resistência da colagem lateral. A melhor combinação entre adesivo e gramatura foi o tratamento EPI 140 g/m<sup>2</sup>. A madeira de *T. ciliata* se mostrou tecnicamente viável para a produção de juntas coladas destinadas a EGP de uso interno.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DE <i>Toona ciliata</i> .....	14
FIGURA 2 – PLANTIO E TORAS DE <i>Toona ciliata</i> .....	15
FIGURA 3 – EXEMPLOS DE USOS DE EGP.....	19
FIGURA 4 – DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE MÉDIA DE <i>T. ciliata</i> .....	32
FIGURA 5 – PAREAMENTO DOS SARRAFOS.....	33
FIGURA 6 – APLICAÇÃO DO ADESIVO E PRENSAGEM.....	34
FIGURA 7 – CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIO DE CISALHAMENTO.....	35
FIGURA 8 – ENSAIO DE CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL.....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL EM ARRANJO FATORIAL (2x3).....	33
TABELA 2 – RESULTADOS DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA MADEIRA DE <i>T. ciliata</i> .....	38
TABELA 3 – RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL SOB PRÉ TRATAMENTO SECO E ÚMIDO.....	40
TABELA 4 – EFEITO DO ADESIVO SOBRE A RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL.....	43
TABELA 5 – EFEITO DA GRAMATURA SOBRE A RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL.....	46



## LISTA DE SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada  
Mecanicamente

EGP – *Edge Glued Panel*

EPI – Emulsão Polimérica de Isocianato

PVAc – Polivinil Acetado

OSB – *Oriented Strand Board*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 <i>Toona ciliata</i></b> .....	<b>13</b>
<b>3.2 Painéis de madeira colada lateralmente</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3 Propriedades da madeira que interferem na colagem</b> .....	<b>19</b>
3.3.1 Propriedades anatômicas .....	20
3.3.2 Propriedades físicas .....	20
3.3.3 Propriedades químicas .....	21
<b>3.4 Adesivos</b> .....	<b>22</b>
3.4.1 Características físico-químicas dos adesivos .....	23
3.4.1.1 Viscosidade .....	24
3.4.1.2 pH.....	24
3.4.1.3 Tempo de gelatinização ( <i>Gel time</i> ).....	25
3.4.1.4 Teor de sólidos .....	25
3.4.2 Polivinil Acetado (PVAc).....	25
3.4.3 Emulsão Polimérica de Isocianato (EPI) .....	26
<b>3.5 Procedimentos para colagem de madeiras</b> .....	<b>27</b>
3.5.1 Preparação da madeira .....	27
3.5.2 Aplicação do adesivo e gramatura .....	28
3.5.3 Ciclo de Prensagem .....	29
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1 Local de Estudo</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2 Origem do material de estudo</b> .....	<b>31</b>
<b>4.3 Preparo da madeira</b> .....	<b>31</b>
<b>4.4 Determinação da massa específica aparente</b> .....	<b>31</b>
<b>4.5 Confecção das juntas coladas</b> .....	<b>32</b>
<b>4.6 Confecção dos corpos de prova</b> .....	<b>34</b>
<b>4.7 Ensaio de resistência ao cisalhamento da colagem lateral</b> .....	<b>35</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1 Massa específica aparente</b> .....	<b>38</b>
<b>5.2 Ensaio de Cisalhamento</b> .....	<b>39</b>
5.2.1 Efeito do tipo de adesivo na resistência da colagem lateral .....	43

5.2.2 Efeito da gramatura na resistência da colagem lateral.....	46
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>50</b>
<b>8 ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC .....</b>	<b>51</b>
<b>9 AVALIAÇÃO DA ORIENTADORA .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira são definidos como produtos formados de madeira reconstituída por meio da aplicação de adesivos. Proporcionam vantagens quando comparados à madeira sólida nos quesitos resistência mecânica, estabilidade dimensional e dimensões variadas (IWAKIRI et al., 2005; 2015b).

Dentre os diferentes tipos de painéis de madeira, encontram-se os aglomerados, compensados, painéis de fibras, OSB, assim como os painéis colados lateralmente (EGP).

Os painéis de colagem lateral possuem a particularidade de serem formados pela junção de sarrafos, através de ligação adesiva. São considerados produtos de maior valor agregado, pois valorizam a madeira através de seu uso em sarrafos. Sua aplicação destina-se principalmente para a confecção de móveis e portas.

A vocação estética observada para este tipo de painel demanda o uso de madeiras visualmente atraentes, como de *Toona ciliata*. Esta espécie, popularmente conhecida como cedro australiano, possui madeira de forte cor marrom-avermelhada, apresentando semelhança com madeiras nativas brasileiras de mogno e cedro, que são as mais valorizadas. Além disso, produz madeira de fácil trabalhabilidade com agradável odor depois de serrada.

Ao considerar as características da madeira do cedro australiano, nota-se a oportunidade de utilizá-la na produção de painéis colados lateralmente. Contudo, pesquisas que demonstrem o potencial dessa madeira para a referida finalidade, até o momento, não se encontram disponíveis em literatura.

Assim, frente a essa conjuntura, desenvolveu-se este trabalho com a intenção de contribuir com resultados e informações sobre o comportamento da madeira de *T. ciliata* para a produção de painéis de colagem lateral.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade de utilização da madeira de *Toona ciliata* (cedro australiano) para a produção de juntas coladas destinadas à painéis colados lateralmente (EGP).

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a massa específica aparente da madeira de *Toona ciliata*;
- Avaliar o efeito do tipo de adesivo (PVAc e EPI) sobre a qualidade da colagem lateral;
- Avaliar o efeito da gramatura (140, 180 e 220 g/m<sup>2</sup>) sobre a qualidade da colagem lateral;
- Comparar os resultados obtidos com os requisitos normativos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 *Toona ciliata*

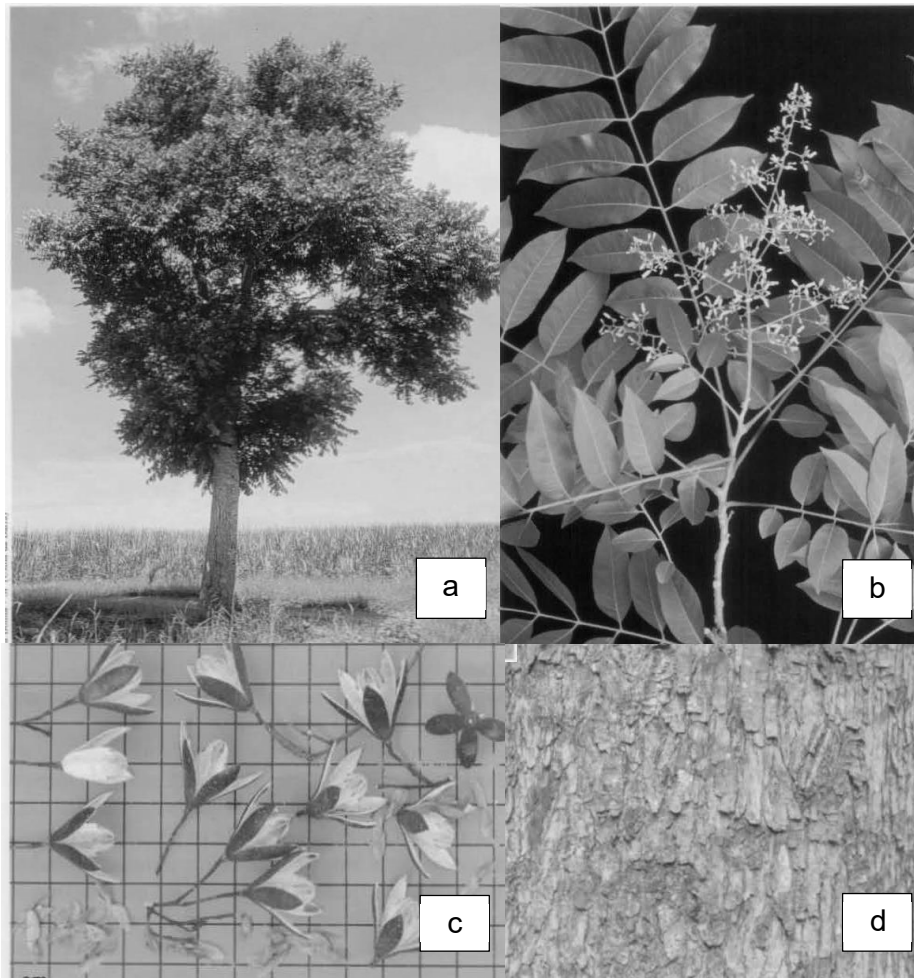
*Toona ciliata* M. Roemer, popularmente conhecida como cedro australiano, é uma espécie da família *Meliaceae*, cuja distribuição se estende desde a Índia e Malásia até o norte da Austrália (LORENZI et al., 2003).

No continente Australiano, foi verificada sua extinção genética e econômica no início do século XX, devido ao elevado interesse na madeira. É considerada uma das espécies vegetais arbóreas mais ameaçadas de extinção no mundo, sendo protegida por lei na Austrália (BELA VISTA FLORESTAL, 2017).

Atualmente, o cedro australiano encontra-se presente em áreas de preservação na Austrália, numa faixa de aproximadamente 200 quilômetros (km) entre o continente e a costa leste, ao longo de quase 3.200 km de extensão entre o Norte e Sul do país (BELA VISTA FLORESTAL, 2017).

Apresenta semelhança botânica com os cedros nativos da Mata Atlântica (*Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*) e também com o mogno da Floresta Amazônia (*Swietenia macrophilla*) (SÁ, 2009).

Com relação às características botânicas, *T. ciliata* é uma árvore caducifólia, de 20 a 35 metros de altura, com tronco ereto e cilíndrico, revestido por casca amarronzada. As folhas são compostas paripinadas, de 30 a 50 centímetros (cm) de comprimento, com 10 a 16 folíolos de 5 a 15 cm, membranáceos, lanceolados, de cor verde-clara em ambas as faces e pecíolo inferior a 1 cm. A inflorescência ocorre em panículas terminais amplas com flores suavemente perfumadas de cor creme ou branca, de aproximadamente 0,5 cm de comprimento, formadas em outubro-novembro. Os frutos são cápsulas lenhosas elipsoides, deiscentes, de cor marrom avermelhada, com comprimento de 2,0 a 2,8 cm, sendo a sua multiplicação exclusivamente por sementes (LORENZI et al., 2003) (Figura 1).

FIGURA 1 – CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DE *Toona ciliata*

a) Árvore; b) Folhas; c) Frutos; d) Casca.  
Fonte: Adaptado de LORENZI et al. (2003).

*T. ciliata* encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento vegetativo no Brasil, alcançando em plantios 20 metros de altura e 1,2 metros de circunferência. Desenvolve-se em áreas com precipitação anual de 1.100 milímetros. Porém, quando se busca atingir maior produtividade a planta necessita de abastecimento de água, mas sem longos períodos de encharcamento, pois isso retarda seu desenvolvimento (SOUZA et al., 2010).

Por ser uma planta tropical, a temperatura ótima para os povoamentos é de aproximadamente 20 a 26°C, sendo tolerante a baixas temperaturas, porém não a geadas. É exigente em relação à disponibilidade de nutrientes, principalmente ao cálcio, além de ser pouco tolerante a solos ácidos. A produção de mudas pode ser realizada por sementes, as quais possuem

percentagem de germinação relativamente alta quando recém coletadas (entre 70% e 90%), germinando entre 7 e 21 dias (SOUZA et al., 2010).

Segundo Souza et al. (2010) é uma espécie de crescimento rápido, com ciclo reprodutivo relativamente curto permanecendo entre 15 e 20 anos de idade. O corte comercial acontece próximo aos 12 anos, podendo alterar conforme a finalidade da madeira. De acordo com Murakami (2008, citado por TRIANOSKI et al., 2014a), o incremento médio anual é de 20 a 30 m<sup>3</sup>/ha/ano.

A empresa Bela Vista Florestal, localizada em Campo Belo - Minas Gerais, é referência em *T. ciliata*, sendo a única do mundo a desenvolver um viveiro com mudas clonais e melhoradas. Além do viés comercial, também atua em pesquisas, juntamente com a Universidade Federal de Lavras (UFLA), para garantir a qualidade e segurança do plantio de cedro australiano (BELA VISTA FLORESTAL, 2017) (Figura 2).

FIGURA 2 – PLANTIO E TORAS DE *Toona ciliata*



a) Plantio de *Toona ciliata*; b) Toras de *Toona ciliata*.  
FONTE: BELA VISTA FLORESTAL (2017).



Quanto à estrutura anatômica da madeira de *Toona ciliata*, Nisgoski et al. (2011) relataram variação nas dimensões dos elementos constituintes no sentido medula–casca, devido aos diferentes estágios de crescimento da planta. O comprimento dos elementos de vaso, das fibras, a largura da fibra e o diâmetro do lúmen aumentam no sentido medula–casca. O diâmetro tangencial dos poros e a largura dos raios aumentam no sentido medula casca, enquanto que o número de poros por milímetro quadrado e a quantidade de raios por milímetro diminuem.

Ziech (2008) verificou em sua pesquisa camadas de crescimento distintas devido à espessura da parede das fibras, além de vasos com porosidade em anéis semiporosos, com predominância de diâmetros médios, em arranjos radiais com placas de perfuração simples; fibras libriformes com pontuações diminutas; parênquima axial paratraqueal escasso e parênquima radial heterogêneo.

Conforme Lamprecht (1990), a espécie apresenta madeira de forte cor marrom-avermelhada, textura grossa e agradável odor depois de serrada. Ziech (2008); Almeida et al. (2012) classificaram a madeira como de textura média, linhas vasculares retilíneas, cheiro agradável ao corte e superfície radial pouco lustrosa. Nisgoski et al. (2011) relataram textura fina a média brilhosa, grã regular e presença de anéis de crescimento e cerne-alburno distintos a olho nu.

No estudo de Almeida et al. (2012), a madeira foi classificada como moderadamente resistente ao fungo de podridão branca (*Trametes versicolor*) e altamente resistente à podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*), e, desde a sua introdução no Brasil, não foram observados ataques da broca da gema apical (*Hypsipyla grandella*), que causa elevados danos ao cedro e mogno brasileiros (BELA VISTA FLORESTAL, 2017).

Em relação às características químicas da madeira de *T. ciliata*, Ziech (2008); Trianoski et al. (2014a) e Bufalino et al. (2012) encontraram alto teor de extrativos (maior que 10%) e poder calorífico superior de aproximadamente 4.600 kcal kg<sup>-1</sup> (BUFALINO et al., 2012), compatível com a madeira de folhosas.

Em se tratando de massa específica básica de *T. ciliata* os valores observados na literatura para material entre 17 e 20 anos de idade foram de 0,330 g/cm<sup>3</sup> (TRIANOSKI et al., 2014a; TRIANOSKI et al., 2014b), 0,320 g/cm<sup>3</sup>

(ALMEIDA et al., 2012) e  $0,337 \text{ g/cm}^3$  (PEREYRA et al., 2006) e para madeiras de árvores entre 12 e 18 anos e aos 4 anos de idade os valores encontrados foram, respectivamente,  $0,318 \text{ g/cm}^3$  (BRAZ et al., 2013) e  $0,306 \text{ g/cm}^3$  (ZIECH, 2008), sendo considerada madeira de baixa densidade.

Braz et al. (2013) observou em estudo com madeira de cedro australiano a diferentes idades (6, 12 e 18 anos) que o acréscimo da idade causou aumento da densidade básica, redução das contrações tangencial e volumétrica e redução do fator anisotrópico.

Ainda com relação às características físicas, Ziech (2008) constatou que as contrações tangenciais, radiais, longitudinais e volumétricas da madeira de *T. ciliata* são compatíveis com outras espécies madeireiras como mogno, cedro e eucalipto, diferentemente do coeficiente de anisotropia, que é superior. Braz et al. (2013) verificou estabilidade dimensional intermediária, enquanto que Trianoski et al. (2014a) relatou estabilidade média a baixa.

Sobre a resistência mecânica da madeira, Braz et al. (2013) a considerou baixa, restringindo seu uso para situações que exijam maiores esforços mecânicos, enquanto que Trianoski et al. (2014a) verificou propriedades mecânicas moderadas.

De acordo com Lorenzi et al. (2003), o cedro australiano proporciona madeira de boa qualidade e elevada aceitação mundial para a marcenaria e construção civil.

A madeira possui características tecnológicas semelhantes à de espécies nobres brasileiras (ZIECH, 2008), como os cedros e o mogno, sendo uma opção atraente para uso decorativo e de alto valor agregado após a manufatura (SÁ, 2009).

É de fácil armazenagem, desdobro e processamento, podendo ser utilizada na produção de laminados, móveis, instrumentos musicais, bem como caixas de charutos e outras finalidades especiais (LAMPRECHT, 1990).

Para Pereyra et al. (2006) a madeira apresenta características apropriadas para a construção de móveis, devido à fácil trabalhabilidade e aos seus vistosos desenhos, sendo também sugerido por Trianoski et al. (2014a) como matéria prima para este fim.

Trianoski et al. (2014b) verificaram que a espécie apresenta viabilidade técnica para a produção de painéis aglomerados. Sá (2009) também relatou

que a madeira de *Toona ciliata* pode ser usada como fonte de matéria-prima alternativa para confecção de painéis aglomerados (com densidade nominal de 0,70 g/cm<sup>3</sup>), assim como de painéis cimento-madeira.

Bufalino et al. (2012), desenvolveram estudo que indicou potencial uso da madeira de cedro australiano para produção de bioenergia devido ao seu poder calorífico, parcialmente atribuído aos altos teores de extrativos presentes.

Já Nisgoski et al. (2011) verificaram que as fibras de madeira do cedro australiano podem ser utilizadas para a fabricação de papel *tissue* ou para escrita, como também em misturas com outras espécies para esta finalidade.

### **3.2 Painéis de madeira colada lateralmente**

De acordo com Iwakiri (2005), os painéis de madeira podem ser definidos como “produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídos através de ligação adesiva”.

Oferecem vantagens quando comparados à madeira sólida no tocante a melhor distribuição da resistência mecânica, estabilidade dimensional e confecção de dimensões variadas (IWAKIRI et al., 2015b). Conforme Lopes e Garcia (2005) promovem a melhoria das propriedades e qualidade da madeira, bem como aumentam a taxa de aproveitamento da mesma.

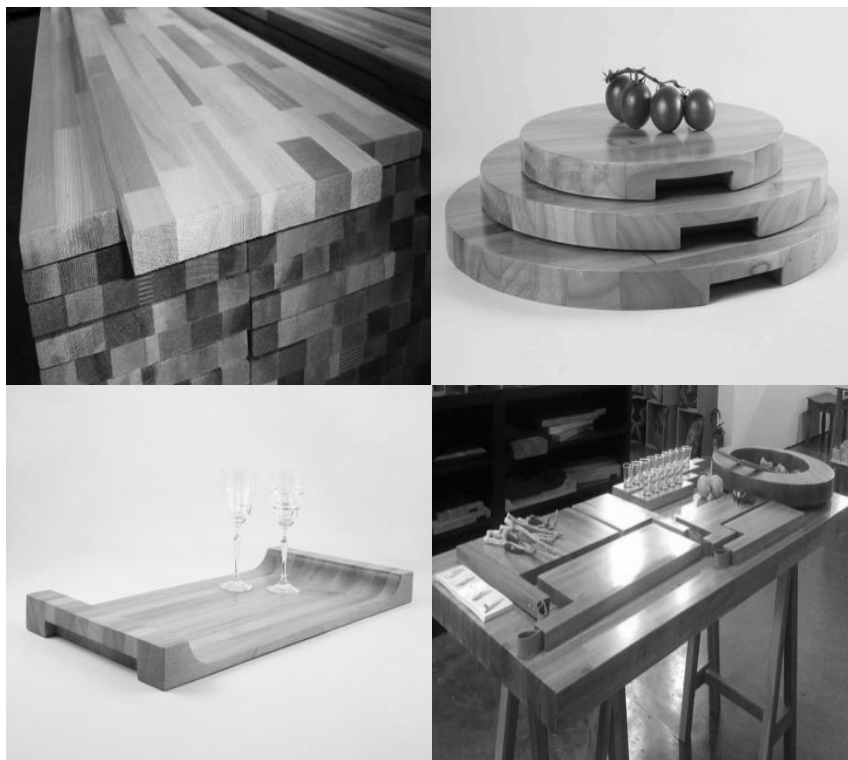
Em meio aos produtos reconstituídos, encontram-se os painéis de madeira colada lateralmente ou, na língua inglesa, *Edge Glued Panel* “EGP”. Este tipo de painel possui a particularidade de ser formado por sarrafos, provenientes da madeira serrada, unidos através de ligação adesiva nas laterais, podendo ou não apresentar união de topo por emendas do tipo *finger joint* (PRATA, 2010).

Segundo a ABIMCI (2009), os painéis colados lateralmente são considerados Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA), uma vez que adiciona valor aos sarrafos. Sua utilização é versátil (Figura 3), podendo ser empregado principalmente para a confecção de móveis e portas como também na construção civil (PINUSLETTER, 2008).

Além disso, podem ser considerados como alternativas aos resíduos de madeira gerados nos processos industriais, otimizando o uso de recursos florestais, pois as serrarias normalmente apresentam baixo rendimento no desdobro das toras (VIEIRA et al., 2006).

No Brasil, a maior parte da produção deste painel é feita a partir da madeira de *Pinus*. No entanto, também podem ser encontrados painéis colados lateralmente fabricados em madeira de folhosas tropicais e com madeira de *Eucalyptus* (ABIMCI, 2009).

FIGURA 3 – EXEMPLOS DE USOS DE EGP



FONTE: BELA VISTA FLORESTAL (2017); ROCHA COMPENSADOS (2017)

### 3.3 Propriedades da madeira que interferem na colagem

A madeira apresenta diferentes propriedades anatômicas, físicas e químicas que refletem no processo de colagem e, conseqüentemente, no desempenho ou qualidade dos produtos colados (ALMEIDA, 2013). A seguir, consta uma breve explanação sobre cada uma delas.

### 3.3.1 Propriedades anatômicas

A relevância das propriedades anatômicas da madeira está voltada aos seus efeitos no movimento do adesivo para estrutura interna da madeira. Para proporcionar uma forte aderência, o adesivo deve atingir a camada de madeira intacta abaixo da superfície, o que ocorre por meio da sua penetração pelo lúmen celular, pontuação ou fenda na parede celular (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2005).

A anatomia da madeira afeta a colagem do material devido à variabilidade na densidade e porosidade que ocorre em lenhos inicial e tardio, cerne e alburno, e lenho juvenil e adulto. Contudo, fatores como a instabilidade dimensional do lenho de reação, bem como a direção da grã, também influenciam (BILA, 2014).

A madeira de grã levemente inclinada se mostra mais adequada se comparada à grã reta ou direita para a formação de ligações fortes, uma vez que a composição dos adesivos não oferece suficiente mobilidade para adentrar através da parede celular (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2005).

A textura da madeira também pode afetar o comportamento da colagem. Madeiras que apresentam textura grossa absorvem em elevada quantidade as substâncias aplicadas, o que pode causar má aderência do adesivo. Por outro lado, madeiras com superfícies lisas, isto é, com estruturas muito fechadas, dificultam a penetração do adesivo, reduzindo a superfície de colagem e gerando uma linha de cola fraca (BURGER; RICHTER, 1991).

### 3.3.2 Propriedades físicas

Segundo Burger e Richter (1991) a massa específica é o aspecto físico mais importante da madeira, pois as propriedades tecnológicas dependem rigorosamente dela. Adicionalmente, indicam a mobilidade do adesivo e, conseqüentemente, o vínculo da ligação adesiva (MARRA, 1992).

Segundo Marra (1992), quanto mais espessa for a parede das células que formam a madeira e menor for o espaço do lúmen celular (espaços vazios), maior será a sua densidade. Isso significa que madeiras muito densas reduzem a permeabilidade do adesivo para suas estruturas internas.

Portanto, a massa específica apresenta uma relação inversa com a porosidade, isto é, madeiras mais densas possuem menos poros (ou poros de menor tamanho) (PRATA, 2010). Com isso, a qualidade da colagem pode ficar comprometida, uma vez que dificulta a penetração do adesivo.

Por outro lado, madeiras menos densas apresentam maior porosidade e, portanto, maior consumo de adesivo. Essa situação pode ocasionar linha de cola “faminta”, afetando também a qualidade da colagem (IWAKIRI, 2005).

A massa específica também serve como uma referência para a classificação da madeira. De forma geral, madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras quando comparadas às leves. Contudo, são de difícil trabalhabilidade e apresentam maior variabilidade (MORESCHI, 2014).

Burger e Richter (1991) ainda completam que a massa específica varia conforme a proporção de cerne/ alburno e lenho inicial/ tardio.

Outro aspecto físico relevante é o teor de umidade. A madeira, por ser um material altamente higroscópico, apresenta os fenômenos de contração e inchamento devido à perda ou absorção de água. Esta situação ocasiona instabilidade dimensional, que é observada principalmente em madeiras com alta massa específica (BURGER; RICHTER, 1991). Dessa forma, peças de madeira com elevada alteração dimensional interferem na superfície de contato e, conseqüentemente, afetam a linha de cola.

Além disso, quanto maior o teor de umidade, menor é a taxa de absorção, velocidade de cura e solidificação do adesivo (IWAKIRI, 2005), implicando muitas vezes, em baixa qualidade de colagem.

### 3.3.3 Propriedades químicas

As propriedades químicas da madeira afetam o desempenho da ligação adesiva à medida que há exposição de áreas de maior ou menor concentração de extrativos (ou elementos estranhos) na superfície a ser colada (IWAKIRI, 2005).

Os extrativos compreendem uma gama de materiais orgânicos que incluem óleos, graxos, gorduras, taninos, carboidratos, ácidos, gomas e resinas. São consideradas substâncias alheias as que formam as células, encontrando-se depositadas no lúmen ou parede celular. Reduzem a

higroscopicidade e a permeabilidade da madeira e aumentam a sua durabilidade. Todavia, sua presença interfere na colagem, desafiando o vínculo da ligação adesiva (MARRA, 1992).

Assim, madeiras que apresentam tilos e alto teor de extrativos podem ter a sua permeabilidade reduzida (PRATA, 2010), comprometendo a penetração do adesivo e conseqüentemente a qualidade da colagem.

O pH da madeira (geralmente na faixa de 3 a 6) pode alterar as condições de colagem, devido a migração dos extrativos das camadas mais internas para as superficiais. Por sua vez, o pH dos extrativos pode inibir reações químicas responsáveis pelo endurecimento do adesivo (IWAKIRI, 2005).

A condição de secagem da madeira, aliada à espécie, também pode provocar o transporte dos extrativos para a superfície, gerando bloqueio do contato adesivo (BURGER; RICHTER, 1991; IWAKIRI, 2005). Há também o conteúdo de cinzas na madeira, que pode afetar o pH e as características de usinabilidade, gerando desgaste no equipamento de corte (IWAKIRI, 2005).

### **3.4 Adesivos**

De acordo com Maloney (1993), adesivo é uma substância capaz de manter materiais unidos, através de uma superfície de contato. Pease (1994) conceitua adesivo de forma semelhante ao ser referir como cola utilizada para manter materiais unidos ao longo de uma linha de cola. Já Lopes e Garcia (2005) definem os adesivos como produtos formados de diferentes bases químicas, que possuem como objetivo colar duas peças de madeira.

Os adesivos são capazes de umedecer a madeira se transformando em um sólido rígido, muitas vezes mais forte que a própria madeira, sendo a sua resistência, previsibilidade e durabilidade os principais atributos de avaliação (BALDWIN, 1995).

Seu desempenho depende de variáveis que podem estar relacionadas ao substrato - como suavidade da superfície, pH e presença de extrativos - e ao ambiente - como nível e taxa de alteração da temperatura e umidade (PIZZI, 1983).

Essa substância provoca um importante fenômeno físico-químico de adesão que atrai pesquisadores dos diversos campos da ciência. Seu uso é bastante recorrente em processos industriais que envolvem a madeira, tais como a produção de compensados, aglomerados e juntas coladas (PIZZI, 1994).

Os adesivos passam por cinco situações distintas durante a formação da ligação adesiva entre peças de madeira: i) distribuição do adesivo sobre a superfície da madeira; ii) transferência do adesivo para a superfície oposta; iii) penetração do adesivo nos poros e estruturas intersticiais da madeira; iv) umedecimento da madeira e; v) solidificação ou endurecimento (MARRA, 1992).

Devido à existência de diversos adesivos, a escolha do mesmo deve estar vinculada à exigência em qualidade do produto final de madeira (LOPES; GARCIA, 2005), pois cada adesivo apresenta características e aplicações diferenciadas.

Para a produção de painéis colados lateralmente são utilizados o poliacetato de vinila (PVAc), que é um adesivo termoplástico, e a emulsão polimérica de isocianato (EPI), classificada como adesivo termofixo (IWAKIRI et al., 2015b). Adesivos termoplásticos apresentam a propriedade de amolecerem sob a ação do calor e se endurecerem quando resfriados, todas as vezes que forem submetidas ao calor, enquanto que os termofixos não são afetados pelo calor, depois de curados (BOM, 2017).

#### 3.4.1 Características físico-químicas dos adesivos

Os adesivos apresentam propriedades físico-químicas como viscosidade, pH, tempo de gelatinização e teor de sólidos, que precisam ser consideradas na produção de painéis de madeira reconstituída, pois, interferem no desempenho da colagem da madeira e, portanto, na qualidade do painel. A seguir, cada um desses aspectos encontra-se brevemente comentado.



### 3.4.1.1 Viscosidade

Conforme Iwakiri (2005), a viscosidade está relacionada com a fluidez de um líquido ou, em outras palavras, com o atrito entre as moléculas.

Existem dois aspectos importantes sobre a viscosidade, que precisam ser considerados separadamente por diferentes razões. Um se refere à avaliação da viscosidade do produto quando recebido e armazenado, e o outro se relaciona com a viscosidade no momento da sua aplicação (MALONEY, 1993).

Segundo Maloney (1993), o desejável é que os adesivos sejam produzidos dentro de uma faixa de viscosidade de 100 a 500 centipoise a 21°C, para garantir sua eficiência quando forem utilizados.

Com relação a essa propriedade, sabe-se que quanto maior a viscosidade do adesivo, maior será a dificuldade no espalhamento e menor a sua penetração na madeira. Essa situação resulta na formação de linha de cola espessa, gerando ligação insuficiente e, portanto, baixa qualidade de colagem (IWAKIRI, 2005).

### 3.4.1.2 pH

O pH, ou potencial de hidrogênio, é um índice que traduz a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer em uma escala que varia de 0 à 14, sendo assim classificado:  $\text{pH} < 7$ : ácido;  $\text{pH} = 7$ : neutro, e,  $\text{pH} > 7$ : alcalino (SATIRO, 2009).

Quando se trata de colagem de madeiras é preciso considerar a influência do pH tanto da madeira quanto da resina, pois existem resinas que curam em meio ácido e outras em meio alcalino. Todavia, há uma faixa de pH em que a resina deve estar, que é entre 2,5 e 11, pois fora desse limite há o risco de degradação das fibras de madeira (IWAKIRI, 2005).

O pH é considerado um fator importante no tempo de reação de colagem, pois sua elevação resulta no progresso da reação de polimerização da cura do adesivo (MORI et al., 1999).

### 3.4.1.3 Tempo de gelatinização (*Gel time*)

O *Gel time* corresponde ao tempo decorrido desde a preparação do adesivo até o ponto de máxima viscosidade aceitável para a sua aplicação, estando atrelado à vida útil do adesivo (IWAKIRI, 2005).

Esse parâmetro indica a reatividade do adesivo. Quanto mais reativo for o adesivo, mais rápido este atingirá a fase de gel, o que pode acarretar em um tempo menor de prensagem do painel (ALMEIDA, 2009).

### 3.4.1.4 Teor de sólidos

O teor de sólidos refere-se à quantidade de sólidos presentes no adesivo. Esta propriedade interfere na cura do adesivo, ou seja, no endurecimento da linha de colagem (IWAKIRI, 2005).

Também pode ser entendido como sendo a parte do adesivo que forma a linha de cola propriamente dita. Seu baixo teor pode afetar a aderência entre as peças de madeira, devido à escassez de material sólido na linha de cola (ALMEIDA, 2009).

### 3.4.2 Polivinil Acetado (PVAc)

O adesivo PVAc é o adesivo mais utilizado pela indústria da madeira e móveis de uso interior, devido sua grande disponibilidade e preço acessível (FONTE; TRIANOSKI, 2015). Caracteriza-se por ser um composto a base de água, popularmente conhecido como “cola branca” (LOPES, 2008), sendo capaz de proporcionar ligação relativamente forte e durável entre madeiras e produtos derivados dela (PIZZI, 1983).

Segundo Iwakiri (2005), é uma resina termoplástica de uso interno, que apresenta baixa resistência à umidade. Possui as vantagens de ser inodora, não inflamável, estável à estocagem, como também de fácil limpeza e segurança no manuseio. Sua cura pode ser processada em temperatura ambiente, reduzindo custos de produção do painel.

Baldwin (1995) cita o PVAc como um composto homopolímero de cor clara, que apresenta rápida aderência e secagem sem aquecimento, como

também certa flexibilidade depois da cura. No entanto, possui baixo desempenho frente à umidade, sendo de uso interno.

Industrialmente o adesivo é definido como dispersão aquosa de polímeros sintéticos em diferentes composições monoméricas (ex. vinílicos) e isentos de solvente. Depois de aplicado, forma um filme com alta adesão, devido à perda de água por absorção e evaporação (ADECOL, 2017).

Segundo Garcia e Rech (2011), o principal benefício do PVAc é a formação de uma linha de cola homogênea e contínua após a eliminação da água de sua composição, devido a sua estrutura química.

Entretanto, o adesivo apresenta propriedade inerente de se tornar reversível em presença de água, o que resulta em uma linha de cola de baixa resistência, devido a redução da força (ou coesão) entre as moléculas do adesivo (BILA, 2014).

### 3.4.3 Emulsão Polimérica de Isocianato (EPI)

Os adesivos com isocianatos foram desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial, tornando-se rapidamente conhecidos por colar “qualquer coisa a qualquer coisa” (MARRA, 1992).

O EPI caracteriza-se por ser um adesivo resistente, porém flexível, que apresenta boa durabilidade e cura rápida (ZIMMERMAN, 2006). Segundo Lopes (2008), pode ser definido como emulsões poliméricas de isocianato, que devem ser misturadas antes da aplicação, pois são bi-componentes.

Proporciona algumas vantagens, como: não tem adição de formaldeído, apresenta baixa susceptibilidade à umidade da madeira, possui resistência à temperatura e à deformação, além de oferecer excelente desempenho (HEXION, 2017).

Conforme Baldwin (1995), a cura desse adesivo pode ser feita a temperatura ambiente, apresentando sensibilidade ao contato e pressão. Possui cor neutra, resistência à água e temperatura, podendo ser de exposição interna e externa.

No entanto, a necessidade de se misturar dois componentes, bem como o seu elevado custo, podem se mostrar como desvantagens quanto ao uso desse adesivo (FRIHART, 2005).

### 3.5 Procedimentos para colagem de madeiras

A colagem de madeiras envolve os seguintes procedimentos: a) preparo do material a ser colado; b) forma de aplicação e quantidade de adesivo (gramatura); e c) ciclo de prensagem. Na sequência, estes processos encontram-se comentados.

#### 3.5.1 Preparação da madeira

O preparo da madeira é uma etapa imprescindível para garantir a qualidade da colagem. Segundo Iwakiri (2005), aspectos referentes à face da madeira, como a aspereza e imperfeições superficiais, restringem o grau de aproximação de duas peças a serem coladas, depreciando as funções de movimento do adesivo.

Espécies com massa específica muito elevada são difíceis de serem trabalhadas, pois geram desgaste das ferramentas devido à dureza acentuada. Todavia, madeiras demasiadamente moles, ou seja, com baixa massa específica, apresentam dificuldades quanto à obtenção de superfícies lisas, devido ao arrancamento das células do tecido, neste caso, frágil (BURGER et al., 1991).

Conforme trabalhos de diversos autores reunidos no estudo de Martins et al. (2011), a qualidade da superfície de produtos de madeira sólida é uma das propriedades mais importantes no processo de acabamento e na resistência de colagem, pois é através desse preparo que se adquire um contato adequado entre os aderentes. Além disso, produz uma superfície com corte recente, uma vez que a umectação da superfície é dificultada ao longo do tempo devido à contaminação, inativação ou envelhecimento da madeira. Por fim, o tipo de usinagem empregado durante o processamento também é responsável pela qualidade do produto final.

Diante disso, alguns cuidados quanto ao preparo da madeira para colagem precisam ser adotados (LOPES; GARCIA, 2005), a saber:

- Visar o encaixe das superfícies o mais perfeito possível;
- Evitar o uso de madeiras com defeitos de secagem (ex.: empenamento, peças tortas e rachaduras);

- Ficar atento à qualidade e manutenção das ferramentas de corte, pois, se esta estiver desgastada pode provocar o esmagamento de fibras, prejudicando a penetração do adesivo;
- Evitar o acúmulo de sujeiras e serragem nas superfícies a serem coladas;
- Visar o teor de umidade adequado, pois, por ser um material higroscópico, a madeira está sempre na busca pelo equilíbrio com a umidade do ambiente.

### 3.5.2 Aplicação do adesivo e gramatura

Além do preparo da madeira para o processo de colagem, precisam ser considerados aspectos como gramatura, formulação e forma de aplicação do adesivo (IWAKIRI, 2005).

A colagem adequada da madeira depende da quantidade correta (gramatura) de adesivo aplicado, assim como da sua deposição uniforme na superfície da madeira (MARRA, 1992).

A gramatura pode modificar a resistência mecânica de um painel, tanto quando aplicadas em quantidades demasiadas quanto insuficientes. Dessa forma, a precisão da dosagem é salutar para se obter uma colagem adequada e com qualidade. Para isso, recomenda-se considerar a espécie e o produto final (IWAKIRI et al., 2013 citado por FONTE; TRIANOSKI, 2015).

Segundo Lopes e Garcia (2005) a gramatura mais recomendada na produção de painéis colados lateralmente varia na faixa de 140-180 g/m<sup>2</sup>, sendo de extrema importância buscar uma distribuição uniforme do adesivo durante o processo de colagem.

Para a aplicação do adesivo utilizam-se métodos manuais ou mecanizados, através do auxílio de espátula, spray, pincel, rolo ou extrusões (FRIHART, 2005; MARRA 1992), variando conforme a escala de produção, tipo de painel a ser produzido, características da madeira e viscosidade do adesivo.

Para a confecção de EGP, observou-se na literatura que o adesivo pode ser aplicado de forma manual com rolo de espuma (PRATA, 2010; BILA 2014;

CAMPELO, 2015; IWAKIRI et al. 2015b), como também por pincel (ALMEIDA, 2013).

### 3.5.3 Ciclo de Prensagem

Os parâmetros do ciclo de prensagem - que envolvem pressão, tempo de prensagem e temperatura - são variáveis essenciais no processo e qualidade de colagem de painéis de madeira (IWAKIRI, 2005).

A pressão de colagem se refere à força necessária para promover a adesão entre dois substratos, ou seja, entre as peças de madeira, fazendo com que haja área de contato suficiente para produzir uma linha de cola fina, uniforme e com resistência necessária para manter a união (LOPES, 2008).

Pressões de colagem muito elevadas podem causar movimentação excessiva do adesivo, fazendo com que ele transborde para fora do painel. Por outro lado, pressões muito baixas podem reduzir a penetração do adesivo na madeira (TIENNE, 2006).

De acordo com Marra (1992), madeiras muito densas requerem maior pressão do que as madeiras leves. De forma geral, a pressão recomendada para madeiras de alta densidade varia de 200 a 250 psi, enquanto que para as de baixa densidade o valor fica entre 100 a 150 psi.

O tempo de prensagem está relacionado com a temperatura e teor de umidade da madeira. Quanto maior o teor de umidade, menor a perda de umidade do adesivo, sendo necessário maior período de prensagem. Com relação à temperatura, conforme o seu acréscimo, geralmente, o tempo de prensa é menor (MARRA, 1992).

Para se obter condições adequadas do processo de colagem, a temperatura de cura (que pode ser ambiente ou com transferência de calor), e o tempo de prensa (que pode variar de minutos a algumas horas) é recomendado observar as indicações do fabricante do adesivo, devido às propriedades físico-químicas diferenciadas que eles apresentam.

Adicionalmente, após a produção do painel, é imprescindível levar em conta o período e a forma de acondicionamento do mesmo, a fim de garantir condições apropriadas para a consolidação da cura total do adesivo e climatização do produto (MARRA, 1992).

Cabe destacar que além dos aspectos comentados que interferem no processo e qualidade de colagem, como as propriedades da madeira, características do adesivo e procedimentos empregados para a colagem, é de extrema importância considerar as condições ambientais que o painel será submetido, como variação da umidade do ar, temperatura e exposição direta a água. Pois essas variáveis determinam se o produto final poderá ser de uso interno, intermediário ou externo (IWAKIRI, 2005).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local de Estudo**

O estudo foi conduzido no Laboratório de Painéis de Madeira, anexo ao Centro de Ciências Florestais e da Madeira (CIFLOMA), da Universidade Federal do Paraná – campus Botânico, cidade de Curitiba – Paraná.

### **4.2 Origem do material de estudo**

Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se a madeira de *Toona ciliata* proveniente de um plantio experimental de 18 anos localizado em Corupá – Santa Catarina.

As toras foram retiradas do referido plantio e desdobradas em pranchões, os quais foram secos ao ar e, na sequência, seccionados em ripas.

### **4.3 Preparo da madeira**

As ripas de madeira da *T. ciliata* foram climatizadas até a obtenção da umidade de equilíbrio de 12% em câmara climática com condições ambientais controladas ( $20\pm 2$  °C e  $65\pm 5\%$  UR).

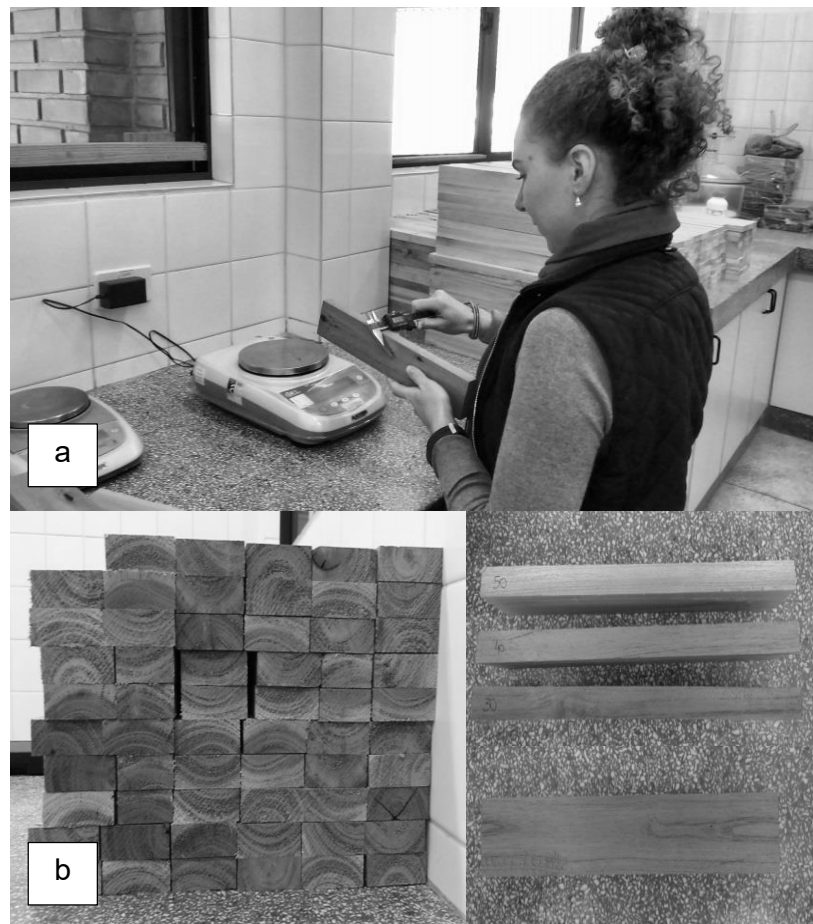
Após atingirem a umidade de equilíbrio seguiram para a marcenaria, onde foram preparados 59 sarrafos nas seguintes dimensões: 310 mm x 60 mm x 22 mm.

### **4.4 Determinação da massa específica aparente**

A massa específica aparente média da *T. ciliata* foi determinada através da relação entre massa e volume de 59 amostras, em equilíbrio higroscópico com o ambiente (umidade de equilíbrio da madeira) (Figura 4).

O volume foi determinado pelo método estereométrico, ou seja, através da medição das dimensões das amostras com paquímetro digital, e a massa foi obtida por meio de balança digital.



FIGURA 4 – DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE MÉDIA DE *T. ciliata*

a) Medição dos sarrafos; b) Sarrafos de *T. ciliata*.  
Fonte: A autora (2017).

#### 4.5 Confeção das juntas coladas

Após a determinação da massa específica aparente realizou-se a triagem e o pareamento dos sarrafos através de verificações visuais conforme a orientação de corte do material, a fim de garantir que cada tratamento tivesse condições próximas entre si (Figura 5). Para tanto, selecionou-se 36 sarrafos, sendo 3 pares para cada tratamento.

FIGURA 5 – PAREAMENTO DOS SARRAFOS



Fonte: A autora (2017).

Posteriormente, os sarrafos foram colados aos pares com dois tipos de adesivos de uso interno, o PVAc D3 e EPI, combinados em três gramaturas, 140, 180 e 220 g/m<sup>2</sup>, com 3 repetições por tratamento.

Na Tabela 1 pode ser verificado o delineamento experimental em arranjo fatorial (2x3) adotado para o estudo.

TABELA 1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL EM ARRANJO FATORIAL (2x3)

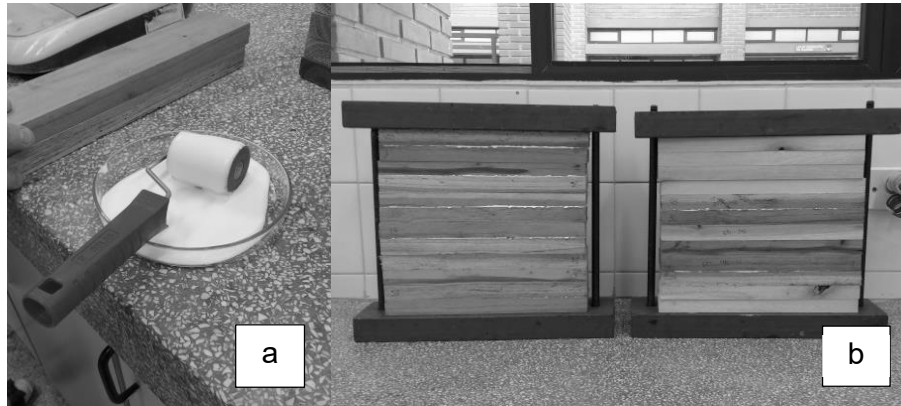
Tratamento	Adesivo	Gramatura (g/m <sup>2</sup> )
T1	PVAc	140
T2	PVAc	180
T3	PVAc	220
T4	EPI	140
T5	EPI	180
T6	EPI	220

Fonte: A autora (2017).

O adesivo foi espalhado de forma manual em uma das faces dos pares de sarrafos com o auxílio de um rolo de espuma, para uniformizar a quantidade depositada, sendo a gramatura controlada através de balança digital. Após a aplicação do adesivo, os sarrafos foram inseridos em prensas, onde

permaneceram por uma hora, conforme recomendação do boletim técnico do fabricante do adesivo (Figura 6).

FIGURA 6 – APLICAÇÃO DO ADESIVO E PRENSAGEM



a) Rolo para aplicação do adesivo; b) Prensagem das juntas.  
Fonte: A autora (2017).

Decorrido o tempo de prensagem de uma hora, sob pressão de 6,35 kgf/cm<sup>2</sup>, as juntas foram retiradas e acondicionadas no laboratório durante 35 dias, a fim de consolidar a cura total do adesivo e climatizar.

#### 4.6 Confeção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram preparados a partir do corte das juntas coladas, nas dimensões de 50 mm x 50 mm. Cada junta foi seccionada em 5 peças, determinando, portanto, 30 repetições em cada tratamento.

Posteriormente, as amostras foram novamente medidas para a determinação da área a ser cisalhada, e na sequência submetidas ao ensaio de resistência ao cisalhamento da colagem lateral (Figura 7).

FIGURA 7 – CONFECCÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIO DE CISALHAMENTO



a) Corte das juntas coladas; b) Medição dos corpos de prova.  
Fonte: A autora (2017).

#### 4.7 Ensaio de resistência ao cisalhamento da colagem lateral

Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência ao cisalhamento da linha de cola sob duas condições ou pré-tratamentos: seco e úmido.

O ensaio sob pré-tratamento seco foi realizado logo após as medições. Já no ensaio sob condição úmida, os corpos de prova permaneceram 24 horas em imersão na água fria, sendo na sequência levados para a avaliação.

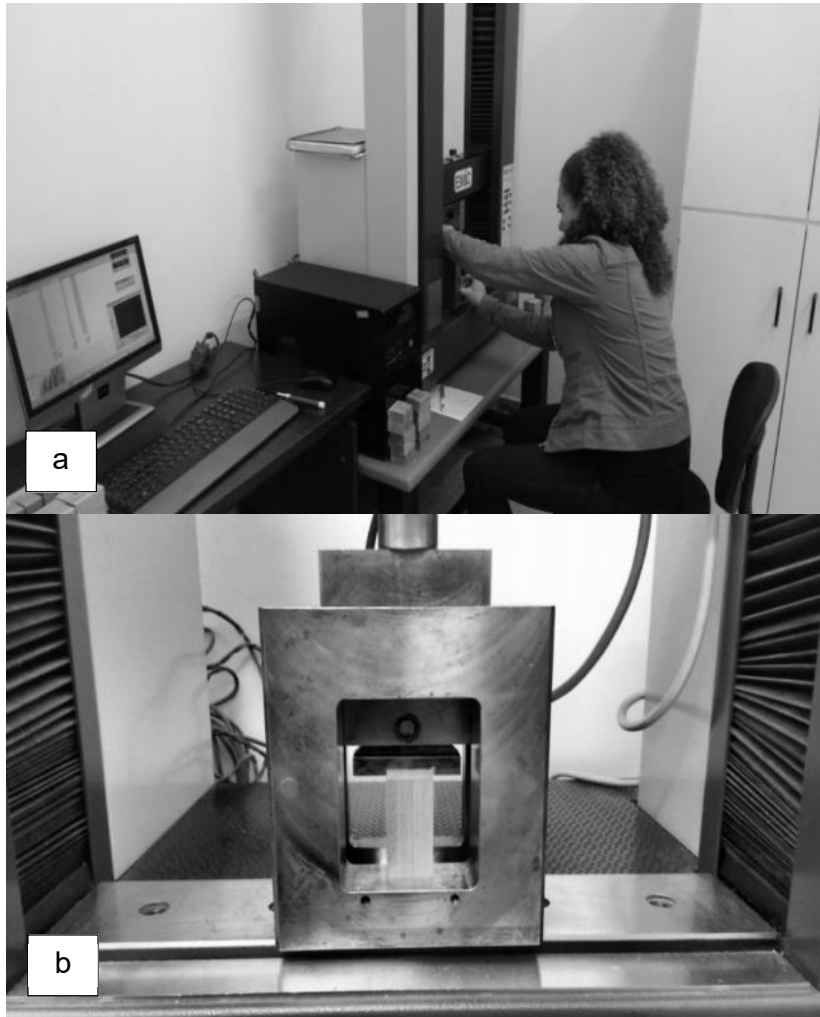
Foram avaliadas 15 amostras para o ensaio seco e 15 para o úmido.

As amostras foram ensaiadas no equipamento EMIC DL 2000, com base nos procedimentos descritos na norma EN 13354:2008 (Solid wood panels - Bonding quality - Test method), para a determinação da Tensão Máxima ao

Cisalhamento na linha de cola, ou seja, da resistência da colagem lateral (Figura 8).

Finalizados os ensaios, definiu-se a falha da madeira dos corpos de prova, com base em verificações visuais, de acordo com a norma EN 314:2002.

FIGURA 8 – ENSAIO DE CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL



a) Realização do ensaio; b) Corpo de prova submetido ao ensaio.  
Fonte: A autora (2017).

Os resultados obtidos a partir da avaliação da qualidade de colagem lateral foram submetidos à análise estatística por meio dos seguintes testes:

- Teste de Grubb's: para avaliar a ocorrência de *outliers*;
- Teste de Shapiro Wilk's: para avaliar a normalidade de dados;
- Teste de Bartlett para verificar a homogeneidade de variância; e

- Análise de variância em arranjo fatorial (2x3), cujos fatores foram adesivo e gramatura. Quando rejeitada a hipótese de igualdade, foi efetuado o Teste de comparação de médias de Tukey.

Todos os testes foram efetuados no Programa Statgraphics Centurion XV, a 95% de confiabilidade.

Os resultados obtidos no ensaio de cisalhamento foram comparados com a norma EN 13353:2008 (Solid wood panels – Requirements), a fim de verificar o atendimento ao valor mínimo exigido quanto à resistência da colagem lateral.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Massa específica aparente

A massa específica média aparente encontrada para a madeira de *Toona ciliata* foi de 0,441 g/cm<sup>3</sup>, sendo o valor mínimo e máximo observado de 0,356 e 0,510 g/cm<sup>3</sup>; respectivamente, resultando em um coeficiente de variação de 8,6 % (Tabela 2).

TABELA 2 – RESULTADOS DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA MADEIRA DE *T. ciliata*

	Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Mínimo	0,356
Médio	0,441
Máximo	0,510
CV (%)	8,64

Fonte: A autora (2017).

De acordo com a classificação proposta por Melo et al. (1990), madeira leve possui densidade básica menor ou igual a 0,50 g/cm<sup>3</sup>, madeira média apresenta densidade básica entre 0,51 e 0,72 g/cm<sup>3</sup>, e madeira pesada ultrapassa o valor de 0,73 g/cm<sup>3</sup>. Com base nisso, a madeira de *T. ciliata* é considerada leve, pois apresentou resultado médio para massa específica de 0,441 g/cm<sup>3</sup>, ou seja, inferior a 0,50 g/cm<sup>3</sup>.

Ao comparar com estudos semelhantes, verifica-se que Trianoski et al. (2014a, 2014b), encontrou para madeira de *T. ciliata* aos 17-18 anos de idade, massa específica básica de 0,330 g/cm<sup>3</sup>, classificando-a como espécie produtora de madeira leve ou de baixa densidade.

Braz et al. (2013) relatou densidade básica média de 0,318 g/cm<sup>3</sup>, para a madeira de árvores entre 12 e 18 anos, e 0,293 g/cm<sup>3</sup> para as de 6 anos. Segundo este autor, a densidade foi classificada como leve e crescente conforme a idade, sendo esta uma variável de suma importância na utilização final da madeira.

Almeida et al. (2012) e Ziech (2008), encontraram densidade básica média, respectivamente de 0,320 g/cm<sup>3</sup>, para material aos 18 anos de idade e 0,306 g/cm<sup>3</sup>, para material com 4 anos de idade.

Observa-se, portanto, que a massa específica média encontrada neste trabalho,  $0,441 \text{ g/cm}^3$ , foi superior às verificadas nos trabalhos citados. No entanto, cabe destacar que os referidos trabalhos determinaram a massa específica básica, método que relaciona o peso seco com o volume verde. Como nesse estudo a massa específica foi determinada com o peso e volume a umidade ambiente, o valor superior é justificável. Apesar disso, a madeira de *T. ciliata* ainda se enquadra como de baixa densidade, assim como nos outros trabalhos.

Adicionalmente, o estudo de Pereyra et al. (2006) constatou para material entre 18 e 20 anos de idade massa específica básica de  $0,337 \text{ g/cm}^3$  e aparente de  $0,422 \text{ g/cm}^3$ , o que reforça a interferência do método no valor observado para a densidade. Quando comparada a massa específica aparente de *T. ciliata* verificada no presente trabalho ( $0,441 \text{ g/cm}^3$ , para material aos 18 anos de idade) com a verificada por Pereyra et al. ( $0,422 \text{ g/cm}^3$ , 2006), nota-se a proximidade dos valores.

Madeiras com baixa massa específica possuem relação inversa com a porosidade, ou seja, quanto menor a densidade maior é a porosidade. Então, em condição de menor densidade a penetração do adesivo na madeira pode ser elevada, gerando linha de cola faminta e comprometimento da qualidade da colagem (IWAKIRI, 2005).

## 5.2 Ensaio de Cisalhamento

Os resultados obtidos para a resistência ao cisalhamento da madeira de *Toona ciliatta* colada com os adesivos EPI e PVAc e submetidos à condição seca e úmida foram analisados da seguinte forma: a) Resistência ao cisalhamento da colagem lateral (Tabela 3); b) Efeito do adesivo sobre a resistência ao cisalhamento da colagem lateral (Tabela 4) e; c) Efeito da gramatura sobre a resistência ao cisalhamento da colagem lateral (Tabela 5).



TABELA 3 – RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL SOB PRÉ TRATAMENTO SECO E ÚMIDO

Tratamento	Pré Tratamento Seco			Pré Tratamento Úmido		
	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil inferior (MPa)	Falha (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil inferior (MPa)	Falha (%)
PVAc - 140 g/m <sup>2</sup>	7,20 d (15,39)	5,55	50	3,65 cd (27,12)	1,86	5
PVAc - 180 g/m <sup>2</sup>	8,13 cd (16,18)	6,49	57	3,42 d (24,65)	2,34	2
PVAc - 220 g/m <sup>2</sup>	9,08 abc (8,38)	7,83	65	4,45 bc (17,43)	3,54	4
EPI - 140 g/m <sup>2</sup>	9,60 a (12,67)	7,97	57	5,94 a (13,98)	4,82	10
EPI - 180 g/m <sup>2</sup>	8,38 bc (14,22)	6,19	56	5,31 ab (19,42)	4,37	4
EPI - 220 g/m <sup>2</sup>	9,54 ab (9,83)	8,07	87	5,94 a (10,12)	5,14	7

PVAc: Poliacetato de vinila; EPI: Emulsão polimérica de isocianato; Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade; Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.  
 Fonte: A autora (2017).

A Tabela 3 mostra que os valores médios obtidos no ensaio de cisalhamento com pré tratamento seco para madeira de *T. ciliata* ficaram entre 7,20 MPa e 9,60 MPa, enquanto que no pré tratamento úmido o resultado foi inferior, variando de 3,42 MPa a 5,94 MPa. Este resultado é justificado devido à ação da água na linha de cola que ocasiona a degradação do adesivo, fazendo com que a resistência da colagem seja inferior na condição úmida frente à condição seca.

Na condição seca o maior valor médio encontrado de resistência ao cisalhamento da colagem lateral foi para o tratamento EPI 140 g/m<sup>2</sup>, com resultado de 9,60 MPa, porém sem diferença estatística do PVAc 220 g/m<sup>2</sup> e EPI 220 g/m<sup>2</sup>. Constatou-se também que os valores médios obtidos dos tratamentos EPI 180 g/m<sup>2</sup> e PVAc 180 g/m<sup>2</sup> não diferem estatisticamente.

Com relação ao ensaio úmido, o maior valor médio observado foi para o tratamento EPI 140 g/m<sup>2</sup> e EPI 220 g/m<sup>2</sup>, com resistência ao cisalhamento de 5,94 MPa para ambos. Observou-se também que estatisticamente os valores médios dos tratamentos EPI 180 g/m<sup>2</sup> e PVAc 220 g/m<sup>2</sup> são iguais.

Com relação ao 5° percentil, todos os tratamentos sob ensaio seco atingiram o valor mínimo exigido pela norma EN 13353:2008, que é de 2,5 MPa. Para a condição úmida os tratamentos que atenderam ao requisito mínimo foram: PVAc 220 g/m<sup>2</sup>, EPI 140 g/m<sup>2</sup>, EPI 180 g/m<sup>2</sup> e EPI 220 g/m<sup>2</sup>, estando também aprovados.

Quanto a percentagem de falhas na madeira, os valores no pré tratamento seco variaram de 50 a 87%, enquanto que no úmido não ultrapassaram 10%. O resultado demonstra que no pré tratamento seco a resistência da colagem dos adesivos foi significativamente superior à resistência da madeira, indicando também situação adequada do processo de colagem e das propriedades do adesivo pois, conforme Bila (2014), percentagens acima de 50% sugerem essa condição.

Observou-se que a melhor combinação entre adesivo e gramatura foi o tratamento EPI 140 g/m<sup>2</sup>.

Bila (2014) relatou para juntas coladas em estudo com 6 espécies amazônicas valores de resistência da colagem sob condição seca entre 11,40 MPa e 18,97 MPa, e para a condição úmida o valor variou de 3,14 MPa a 13,76 MPa.

Almeida (2015) observou para madeira de *Cupressus lusitanica* valores entre 9,46 MPa e 11,21 MPa (pré tratamento seco) e 0,37 a 5,53 MPa (pré tratamento úmido).

Em pesquisa desenvolvida por Iwakiri et al. (2015b) com *Sequoia sempervirens* e *Cryptomeria japonica* os resultados de ensaio de cisalhamento com pré tratamento seco ficaram entre 7,10 e 10,51 MPa. Já para ensaio na condição úmida o resultado foi de 2,26 a 5,92 MPa.

Percebe-se que os resultados encontrados para *T. ciliata* ficaram próximos aos das espécies estudadas por Iwakiri et al. (2015b), mas inferiores aos das espécies amazônicas estudadas por Bila (2014), bem como ao de *C. lusitanica* verificado por Almeida (2015) sob condição seca.

### 5.2.1 Efeito do tipo de adesivo na resistência da colagem lateral

TABELA 4 – EFEITO DO ADESIVO SOBRE A RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL

Adesivo	Pré tratamento seco			Pré tratamento úmido		
	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil inferior (MPa)	Falha (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil inferior (MPa)	Falha (%)
PVAc	8,14 b (16,15)	6,18	58	3,83 b (25,10)	2,32	4
EPI	9,17 a (13,47)	7,73	67	5,75 a (14,97)	4,46	7

PVAc: Poliacetato de vinila; EPI: Emulsão polimérica de isocianato; Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade; Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.  
Fonte: A autora (2017).

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicaram que o adesivo EPI apresentou melhor desempenho no ensaio de cisalhamento. No pré tratamento seco o resultado do EPI foi estatisticamente superior (9,17 MPa) ao do PVAc (8,14 MPa), assim como na condição úmida (5,75 MPa para EPI e 3,83 MPa para PVAc).

Os baixos resultados analisados para resistência da colagem de juntas submetidas ao pré tratamento úmido com PVAc podem ser explicados pelo fato desse adesivo possuir propriedade inerente de se tornar reversível em presença de água. Isso resulta em uma linha de cola de baixa resistência, devido a redução da força (ou coesão) entre as moléculas do adesivo (BILA, 2014). Dessa forma, o EPI é o mais indicado para a manufatura de produtos colados de madeira que necessitem maior resistência à umidade (IWAKIRI et al. 2015b).

Sobre o 5º percentil, observou-se que juntas de *T. ciliata* coladas com EPI (7,73 MPa) e PVAc (6,18 MPa), sob pré tratamento seco, exibiram valores médios superiores ao exigido pela norma EN 13353:2008, que é de 2,5 MPa. Já sob pré tratamento úmido somente as juntas coladas com EPI (4,46 MPa) atingiram o valor determinado pela norma.

Quanto a falha da madeira foi possível verificar que o EPI sob pré tratamento seco foi mais resistente que o PVAc, com valores de 58% e 67%, respectivamente. Este resultado sugere que os adesivos foram mais resistentes que a própria madeira de *T. ciliata*, sendo considerado satisfatório pois, de acordo com Bila (2014), percentagens entre 50 e 70% indicam situação adequada do processo de colagem e das propriedades do adesivo.

Já sob tratamento úmido, ambos os adesivos apresentaram baixa percentagem de falha na madeira, sendo de apenas 4% (PVAc) e 7% (EPI). Esse resultado demonstra a falha do adesivo sob condição úmida, devido ao efeito negativo da água na linha de cola, o que resulta na sua degradação.

Com relação ao EPI sob pré tratamento seco observou-se, ao comparar com a literatura, que madeira de *T. ciliata* colada com esse adesivo apresentou, em grande maioria, média de cisalhamento inferior a de estudos com outras espécies. Iwakiri et al. (2015a) encontraram para madeiras de *Inga alba* e *Swartzia recurva* valores médios de 12,54 MPa e 15,19 MPa, respectivamente, e Iwakiri et al. (2015b) observaram resultados para *Sequoia*

*sempervirens* de 10,38 MPa. Almeida (2015) observou valor médio de 10,93 MPa para madeira de *Cupressus lusitanica*. Já para juntas com madeira de *Cryptomeria japonica* Iwakiri et al. (2015b) verificaram resistência de 7,63 MPa, sendo esta inferior a de *T. ciliata* (9,17 MPa).

Em relação ao PVAc, também sob condição seca, notou-se que o valor obtido no ensaio de cisalhamento com *T. ciliata* (8,14 MPa) foi superior ao encontrado para madeira de *Tectona grandis* (valores entre 3,01 MPa a 5,43 MPa) em estudo conduzido por Fonte e Trianoski (2015). Contudo, ficou abaixo dos verificados em outras pesquisas. Almeida (2015) encontrou valor médio de 9,57 MPa para *Cupressus lusitanica*; Iwakiri et al. (2015a) verificou valores de 10,56 MPa e 13,95 MPa para *Inga alba* e *Swartzia recurva*, respectivamente e; Iwakiri et al. (2015b) relatou para *Cryptomeria japonica* o resultado de 8,32 MPa e para *Sequoia sempervirens* 9,35 MPa.

Quanto ao pré tratamento úmido com EPI, percebeu-se que *T. ciliata* apresentou resistência das juntas coladas inferior ao de *Inga alba* (7,32 MPa) e *Swartzia recurva* (7,99 MPa) no estudo de Iwakiri et al. (2015a). Contudo, a resistência de *T. ciliata* (5,75 MPa) ficou próxima a de *Sequoia sempervirens* (5,71 MPa, IWAKIRI et al. 2015b) e superior a de *Cryptomeria japonica* (4,62 MPa, IWAKIRI et al., 2015b) e *Cupressus lusitanica* (5,20 MPa, ALMEIDA 2015).

Por outro lado, quando analisado o PVAc sob condição úmida, o comportamento das juntas de *T. ciliata* foi superior ao de outros estudos. Juntas coladas com madeira de *Tectona grandis* apresentou variação na resistência ao cisalhamento entre 0,924 MPa e 1,35 MPa (FONTE; TRIANOSKI, 2015) e para *Cupressus lusitanica* o valor encontrado por Almeida (2015) foi de 0,44 MPa, sendo estes resultados significativamente inferiores ao de *T. ciliata* (3,83 MPa). Iwakiri et al. (2015a) encontrou para *Inga alba* 3,00 MPa e para *Swartzia recurva* 2,61 MPa; Iwakiri et al. (2015b) verificou para *Sequoia sempervirens* resistência de 2,39 MPa e de 2,28 MPa para *Cryptomeria japonica*.

## 5.2.2 Efeito da gramatura na resistência da colagem lateral

TABELA 5 – EFEITO DA GRAMATURA SOBRE A RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL

Gramatura	Pré tratamento seco			Pré tratamento úmido		
	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil inferior (MPa)	Falha (%)	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	5° Percentil inferior (MPa)	Falha (%)
140 g/m <sup>2</sup>	8,42 b (19,92)	6,06	54	4,84 ab (30,34)	2,57	7
180 g/m <sup>2</sup>	8,26 b (14,97)	6,30	56	4,33 b (30,70)	2,50	5
220 g/m <sup>2</sup>	9,31 a (9,35)	7,81	76	5,25 a (19,37)	3,72	3

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade; Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.  
 Fonte: A autora (2017).

Os resultados apresentados na Tabela 5 mostraram que o aumento da gramatura resultou, de maneira geral, no aumento da resistência da colagem das juntas de *T. ciliata*.

Em relação ao pré tratamento úmido foi possível notar que o efeito da gramatura de 140 g/m<sup>2</sup> não apresentou diferença estatística do efeito das demais gramaturas sobre a resistência da colagem, sugerindo que independentemente da gramatura aplicada a umidade exerce forte influência na linha de cola, interferindo negativamente da qualidade de colagem.

Quando comparado o efeito das gramaturas 140, 180 e 220 g/m<sup>2</sup> sobre a resistência da colagem no pré tratamento seco observou-se que esta última apresentou o maior valor de resistência ao cisalhamento (9,31 MPa), assim como diferença estatística das outras gramaturas.

Esse resultado é compatível com o esperado, uma vez que *T. ciliata* possui baixa densidade. Segundo Iwakiri (2005), quanto menor a densidade, maior é a porosidade e, conseqüentemente, a penetração do adesivo aumenta. Por isso, quando aplicada gramatura de 220 g/m<sup>2</sup> para colagem de madeira de *T. ciliata* verificou-se resistência da colagem superior a de gramaturas menores (140 g/m<sup>2</sup> e 180 g/m<sup>2</sup>), devido a maior disponibilidade de adesivo para formar a linha de cola.

Ainda, de acordo com Marra (1992), madeiras densas reduzem a permeabilidade do adesivo, pois são constituídas de células com paredes espessas e com menos espaços vazios. Dessa forma, conclui-se que madeiras com baixa densidade, como é o caso de *T. ciliata*, apresentam comportamento inverso.

Com relação ao 5º percentil, observou-se que no pré tratamento seco todas as gramaturas apresentaram resultados superiores ao exigido pela norma EN 13353:2008 de 2,5 MPa, com resultados de 6,06 MPa; 6,30 MPa e 7,81 MPa para gramaturas de 140, 180 e 220 g/m<sup>2</sup>, respectivamente. No entanto, para o pré tratamento úmido os valores observados foram inferiores quando comparados ao pré tratamento seco, variando entre 2,50 a 3,72 MPa, mas ainda dentro do estabelecido pela referida norma.

Quanto a percentagem de falha na madeira no pré tratamento seco, observou-se inexpressivo aumento da mesma quando aumentada a gramatura de 140 g/m<sup>2</sup> (54%) para 180 g/m<sup>2</sup> (56%). Já para a gramatura 220 g/m<sup>2</sup> a



percentagem foi de 76%, indicando que o adesivo se mostrou mais resistente que a própria madeira, configurando fortes propriedades de adesão. Por outro lado, no tratamento úmido a percentagem não ultrapassou 7%, confirmando a falha dos adesivos sob essas condições, independentemente da gramatura utilizada.

Em estudo realizado com madeira de *Tectona grandis*, juntas coladas com diferentes gramaturas (100 g/m<sup>2</sup>, 140 g/m<sup>2</sup>, 180 g/m<sup>2</sup> e 220 g/m<sup>2</sup>) não apresentaram diferença estatística na qualidade da colagem sob a condição seca (FONTE; TRIANOSKI, 2015).

Bila (2014) não encontrou diferença estatística entre os valores de resistência das juntas coladas para gramaturas de 120 e 200 g/m<sup>2</sup> em estudo com espécies tropicais da Amazônia. Prata (2010) avaliou a resistência da colagem lateral de juntas de seis espécies de *Pinus* com gramaturas de 160 g/m<sup>2</sup> e 200 g/m<sup>2</sup> e também não verificou diferença estatística.

Estudo com madeira de *Inga alba* e *Swartzia recurva* e outro com *Cryptomeria japonica* e *Sequoia sempervirens* mostrou que o aumento na gramatura não influenciou nos resultados de cisalhamento ao utilizar quantidades de adesivo de 150 e 200 g/m<sup>2</sup> (IWAKIRI et. al, 2015a; IWAKIRI et al, 2015 b).

Portanto, observa-se que nos trabalhos comentados não houve diferença estatística entre as gramaturas utilizadas sob a condição seca, diferentemente do que aconteceu nesse estudo, em que a maior gramatura implicou em maior resistência da colagem lateral das juntas de *T. ciliata*.

Sobre a condição úmida, nos trabalhos de Iwakiri (2015a; 2015b) com madeira de *Inga alba* e *Swartzia recurva* não foram constatadas diferenças significativas para os resultados de cisalhamento com gramaturas de 150 g/m<sup>2</sup> e 200 g/m<sup>2</sup>, bem como para madeira de *Cryptomeria japonica* e *Sequoia sempervires*. Adicionalmente, o estudo realizado com *T. grandis* por Fonte e Trianoski (2015) também não diferiu estatisticamente entre as gramaturas analisadas (100 g/m<sup>2</sup> a 220 g/m<sup>2</sup>).

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados na execução deste trabalho, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

Sobre a massa específica aparente:

- *Toona ciliata* apresentou massa específica média aparente de 0,441 g/cm<sup>3</sup>, sendo classificada como madeira de baixa densidade.

Sobre o efeito do tipo de adesivo na qualidade da colagem lateral:

- O adesivo EPI apresentou melhor desempenho no ensaio de cisalhamento da colagem lateral frente ao PVAc, nas condições úmida e seca.

Sobre o efeito da gramatura na qualidade da colagem lateral:

- O aumento da gramatura resultou, de forma geral, no aumento da resistência da colagem.

Sobre o atendimento aos requisitos normativos:

- Todos os tratamentos submetidos ao ensaio seco de cisalhamento da colagem lateral atenderam ao 5º percentil exigido pela norma EN 13353:2008, de 2,5 MPa, e no ensaio úmido os tratamentos PVAc 220 g/m<sup>2</sup>, EPI 140 g/m<sup>2</sup>, EPI 180 g/m<sup>2</sup> e EPI 220g/m<sup>2</sup> atenderam o requisito especificado, estando aprovados.

Sobre a viabilidade da utilização da madeira de *T. ciliata* para a produção de painéis colados lateralmente:

- *Toona ciliata* se mostrou como espécie tecnicamente viável para a produção de juntas coladas destinadas à painéis de colagem lateral (EGP) de uso interno.
- A melhor combinação entre adesivo e gramatura foi o tratamento EPI 140 g/m<sup>2</sup>.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Com base nas conclusões apresentadas, recomenda-se:

- Avaliar o desempenho de outros adesivos para a colagem de juntas com madeira de *Toona ciliata* para outras finalidades.
- Avaliar a resistência da colagem de topo com emendas *finger joint*.
- Realizar estudos com microscopia eletrônica de varredura para avaliar a linha de cola, ligação adesiva, gramatura e penetração dos adesivos.

## 8 ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) proporciona ao aluno o contato com temas específicos da Ciência Florestal, contribuindo de forma contundente para a formação acadêmica e profissional.

Através desse processo, o aluno tem a oportunidade de aprimorar a análise crítica, capacidade de síntese, articulação de ideias, além de agregar novos aprendizados e percepções técnicas.

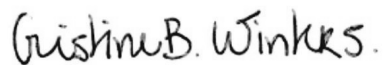
Durante o desenvolvimento deste trabalho foi possível aprofundar o conhecimento sobre o assunto de painéis de madeira, assim como de *Toona ciliata*, a partir de extensa pesquisa bibliográfica e das atividades práticas executadas no laboratório.

Este estudo proporcionou importante vivência no campo da pesquisa científica, cooperando para a edificação profissional. Além disso, acrescentou experiências positivas para a formação acadêmica, sendo o seu cumprimento resultado da condução e apoio de uma orientadora comprometida e competente.

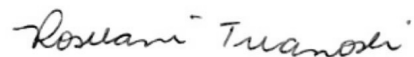
## 9 AVALIAÇÃO DA ORIENTADORA

A discente Cristine Buerger Winters demonstrou ao longo da elaboração e desenvolvimento do TCC total assiduidade e comprometimento com o plano de trabalho pré estabelecido, o qual resultou em finalização antecipada do mesmo. Desempenhou suas atividades com seriedade, buscou sempre o maior aprofundamento possível do tema a partir de inúmeras leituras e discussão oral, desenvolveu as tarefas práticas com muita atenção e cuidado, zelando sempre pelos equipamentos do laboratório/universidade.

Além disso, a aluna apresenta redação técnica e científica boa e adequada, e é muito interessada pelos desafios que lhe são propostos. A partir da observação do seu comportamento em sala de aula, no laboratório, e como orientadora do seu TCC, a discente apresenta-se como uma discente/formanda com grande potencial para ser uma profissional de sucesso.



Cristine Buerger Winters



Rosilani Trianoski

## REFERÊNCIAS

ABIMCI. **Associação da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente.** Estudo Setorial 2009 – Ano Base 2008. 48 p., 2009.

ADECOL. **Adesivos Industriais – PVAC.** Disponível em: <[http://adecol.com.br/produto\\_detalle/PVAC/pt-br/](http://adecol.com.br/produto_detalle/PVAC/pt-br/)>. Acesso em: 14 abril 2017.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Adesivos - Colagem varia de acordo com propriedades da madeira. **Revista da Madeira.** Edição nº88, mar., 2005.

ALMEIDA, C. C. F. **Avaliação da qualidade da colagem da madeira de *Cupressus lusitanica* MILL. para a produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panel - EGP).** 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

ALMEIDA, N. A.; MENDES, L. M.; OKINO, E. Y. A.; GARLET, A.; MORI, F. A.; MENDES, R. F. Biodeterioração de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. australis). **Cerne.** Lavras, v. 18, n. 1, p. 17-26, jan./mar., 2012.

ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP.** 123 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia - formaldeído e dos compensados de pinus e paricá.** 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BALDWIN, R. F. **Plywood and veneer-based products: manufacturing practices.** Wood Technology Books. San Francisco, California: Miller Freeman Books. 388 p., 1995.

BELA VISTA FLORESTAL. Disponível em: <<http://belavistaflorestal.com.br>> Acesso em: 21 abril 2017.

BILA, N. F. **Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia**. 76 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BOM, P. **Painéis de Madeira – Resinas Sintéticas**. Centro Universitário – UNIUV. Disponível em: <<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Resinas%20sint%C3%A9ticas.pdf>> Acesso em: 21 abril 2017.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; RODRIGUES, B. P.; ARANTES, M. D. C. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**. Curitiba, v. 43, n. 4, p. 663 - 670, out./dez., 2013.

BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; NASSUR, O. A. C.; SÁ, V. A.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 32, n. 70, p. 129-137, abr./jun. 2012.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo. Nobel. 154p., 1991.

CAMPELO, S. R. **Avaliação das propriedades anatômicas, físicas, químicas de colagem da madeira de *Genipa americana* L.** 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

EN – EUROPEAN STANDARD. 2008. **EN 13354**. Solid wood panels (SWP) - Bonding quality - Test method.

EN – EUROPEAN STANDARD. 2008. **EN 13353**. Solid wood panels (SWP) - Requirements.

FONTE, A. P. N.; TRIANOSKI, R. Efeito da gramatura sobre a qualidade de colagem lateral da madeira de *Tectona grandis*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 14, n. 3, p. 224-233, 2015.

FRIHART, C. R. **Wood Adhesion and Adhesives**. Handbook of wood chemistry and wood composites. Florida: Boca Raton: CRC Press, p. 215-278, 2005.

GARCIA, A. E.; RECH, M. Adesivos para a madeira e móveis. **Revista da Madeira**. Edição nº128, ago., 2011. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1547&subject=Ad](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1547&subject=Ad)>. Acesso em: 14 abril 2017.

HEXION. **Adesivos de emulsão polimérica de isocianato (EPI)**. 2017. Disponível em: <<http://pt.hexion.com/AM/wood-adhesives/product/emulsion-polymer-isocyanate/>>. Acesso em: 14 abril 2017.

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

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; NASCIMENTO, C. C.; GUMANE, C.; LENGOWSKI, E. C.; SCHARDOSIN, F. Z.; AZAMBUJA, R. Resistência das juntas coladas de madeiras de *Inga alba* (SW) Willd e *Swartzia recurva* Poepp. **Cerne**. v. 21, n. 3. p. 457-463, 2015a.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; FRANÇA, R. F.; GONÇALVES, T. A. P.; LOIOLA, P. L.; CAMPELO, S. R.; FARIAS, S. M. A. P. Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Cryptomeria japonica* e *Sequoia sempervirens* com diferentes adesivos. **Sci. For.** Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 19-26, mar., 2015b.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ. 343p., 1990.

LOPES, M. C. **Espectroscopia no infravermelho próximo aplicada na avaliação de painéis de madeira colados lateralmente**. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LOPES, M.; GARCIA, A. **Revista da Madeira**. Edição nº89, abr., 2005. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=728&subject=Adesivos&title=Controle](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=728&subject=Adesivos&title=Controle)>. Acesso em: 14 abril 2017.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 385 p., 2003.



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

MARRA, A. A. **Technology of Wood bonding: principles and practice**. New York: Van Nostrand Reinhold. 454 p., 1992.

MARTINS, S. A.; FERRAZ, J. M.; SANTOS, C. M. T.; MENEZZI, C. H. S. SOUZA, M. R. Efeito da usinagem na rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta e Ambiente**. v. 18, n. 2, p. 135-143, abr./ jun., 2011.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia Brasileira. In: 6° **Congresso Florestal Brasileiro**. Anais... Campos do Jordão - SP, p. 695 – 699, 1990.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. Material Didático. Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2014.

MORI, F. A.; VITAL, B. R.; LUCIA, R. M. D. VALENTE, O. F.; PIMENTA, A. S. Utilização de resinas à base de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na produção de painéis compensados. **Árvore**. Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 455-461, 1999.

NISGOSKI, S.; TRIANOSKI, R. MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M.; BATISTA, F. R. R. Anatomia da madeira de *Toona ciliata* características das fibras para produção de papel. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 717-728, out./dez., 2011.

PEASE, D. A. **Panels: Products, applications and production trends**. Wood Technology. San Francisco, California: Miller Freeman Inc. 254p., 1994.

PEREYRA, O.; SUIREZS, T. M.; PITSCH, C.; BÁEZ, R. Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento em procesos industriales de la madera de kiri, grevillea, paraíso y toona. **Floresta**. v. 36, n. 2, p. 213-223, mai./ago., 2006.

PINUSLETTER. **Edge Glued Panel (Painel de Madeira Colado Lateralmente)**. Edição nº 08, ago., 2008. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/pinus\\_08.html](http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_08.html)> Acesso em 02 abril 2017.

PIZZI, A. **Advanced Wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1994. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=xpZVVkiaQDsC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>> Acesso em: 21 abril 2017.

PIZZI, A. **Wood adhesives: Chemistry and technology**. New York: Marcel Dekker, Inc. 364p., 1983.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (EDGE GLUED PANELS – EGP)**. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ROCHA COMPENSADOS. Disponível em:<<https://rochacompensados.com.br>> Acesso em 03 junho 2017.

SÁ, V. A. **Potencial da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) na manufatura de produtos de maior valor agregado**. 82 p. Dissertação (Mestrado em Processamento e Utilização da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SATIRO, E. S. **PH das soluções**. Curso de Licenciatura em Química. Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG), 2009.

SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G, CARNEIRO, J. G. A. Cedro Australiano (*Toona ciliata*). Programa Rio Rural. **Manual técnico**, 21. Niterói – RJ, 2010.

TIENNE, D. L. C. **Qualidade da adesão de juntas coladas expostas a condições de serviços externo e interno**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S. Propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira de cedro australiano cultivado em Corupá, SC. Nota Científica. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v.34, n. 80, p. 435-441, out./dez., 2014a.

TRIANOSKI, R. IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Avaliação de painéis aglomerados de *Toona ciliata* produzidos com diferentes densidades e teores de resina. **Madera y Bosques**. vol. 20, n. 3, p. 49-58, otoño, 2014b.

VIEIRA, R. S.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Determinação do volume de serragem produzido durante o desdobro de toras de *Eucalyptus* e do coeficiente de expansão da serragem. Departamento de Ciências Florestais - Universidade Federal de Lavras – MG. São Pedro (SP): **Anais** do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira – EBRAMEM, 2006.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano** (*Toona ciliata* M. Roem) **produzida no sul do Estado de Minas Gerais**. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ZIMMERMAN, D. Adesivos para Pisos Engenheirados: fabricação e instalação. **Revista da Madeira**. Edição nº94, fev., 2006. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=853&subject=Pis](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=853&subject=Pis)>. Acesso em: 14 abril 2017.