

CAIO CESAR FAEDO DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM DA MADEIRA
DE *Cupressus lusitanica* MILL. PARA A PRODUÇÃO DE
PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE (*EDGE GLUED PANEL*
- *EGP*)**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação de Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha
Coorientadora: Profa. Dra. Polliana D'Angelo Rios

LAGES, SC
2015

Almeida, Caio Cesar Faedo de

Avaliação da qualidade da colagem da madeira de *Cupressus lusitanica* Mill. para a produção de painéis colados lateralmente (*Edge Glued Panel - EGP*) / Caio Cesar Faedo de Almeida. - Lages, 2015.

142 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Alexsandro Bayestorff da Cunha

Coorientadora: Poliana D'Angelo Rios

Inclui bibliografia.

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2015.

1. Espécie não convencional. 2. Produto de maior valor agregado. 3. Adesivos e junções. 4. Propriedades tecnológicas. I. Almeida, Caio Cesar Faedo de. II. Cunha, Alexsandro Bayestorff da. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

CAIO CESAR FAEDO D ALMEIDA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM DA MADEIRA DE *Cupressus lusitanica* MILL. PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE (*EDGE GLUED PANEL* - *EGP*)

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação de Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Prof. Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____

Profa. Dra. Rosilani Trianoski
Universidade Federal do Paraná

Membro: _____

Dra. Sabrina Andrade Martins
SOLUMAD – Soluções e Inovações em Tecnologias de
Madeiras

Lages, 30/07/2015

À minha família e à Jussara
dedico!

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais Cesar e Luci pelo amor incondicional, aos meus irmãos Túlio e Augusto, minha avó Iolanda (*in memoriam*), tias Tata e Cândida (*in memoriam*) e tia Lana pelo apoio, confiança e amizade.

À minha namorada Jussara Cristina Stinghen, sempre presente nos momentos mais agradáveis e nos mais difíceis, obrigado por ser meu “porto seguro” tão importante durante esta etapa. E ao seus pais Dona Inês e Seu Vilmar, que sempre me acolheram de braços abertos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexsandro B. da Cunha, pelos ensinamentos, confiança, dedicação, paciência e principalmente, amizade.

À coorientadora Profa. Dra. Polliana D’Angelo Rios, à Profa. Dra. Martha Brand e ao Prof. Dr. Marcos Schimalski pela amizade e contribuições valiosas durante esta etapa.

Aos demais professores e colaboradores do PPGEF – UDESC, pelo apoio direto e indireto a esta pesquisa.

Aos colegas de pós-graduação, William, Giuliano, Alana, Helena, Ailton, Larissa, Luciane, Bruna, Morgana, Daniela Nones e Daniella Kniess pelas boas conversas em momentos de descontração e também pela ajuda na execução do projeto.

À empresa Gateados Florestal pela concessão e transporte do material utilizado no estudo, à empresa Boa Esperança pelo desdobro das toras e transporte das peças serradas, e à empresa Madepar Ltda. pelo auxílio na etapa de fresagem das peças.

À FAPESC pela concessão de bolsa e apoio financeiro durante a realização deste trabalho e ao CAV/UDESC pelo ensino de qualidade.

“Assim como todos que vivem em tempos difíceis, não cabe a nós decidir coisas à frente de nosso tempo, mas sim aproveitar o tempo que nos é dado”.

Gandalf, o cinzento.

RESUMO

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*) 2015.
142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Lages, Santa Catarina, Brasil, 2015.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade de colagem de dois adesivos (PVA e EPI) em junções de topo e laterais da madeira de *Cupressus lusitanica* na produção de painéis *EGP*. Foi realizada a caracterização anatômica, química e física da madeira da espécie a fim de determinar a influência na formação e desempenho das juntas coladas. Para a avaliação das junções de topo coladas foram avaliados por meio dos ensaio de flexão estática e tração paralela, dois adesivos (PVA e EPI), duas gramaturas (180 e 200 g/m²) e dois tipos de junções de topo (plana e *finger-joint*). Além da análise de resistência e rigidez, foi aplicada a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para verificar a influência do teor de umidade na qualidade de colagem dos corpos de prova de tração paralela. A colagem lateral foi realizada com dois adesivos (PVA e EPI) e duas gramaturas (180 e 200 g/m²) pelo ensaio de cisalhamento na linha de cola central. Como resultado, a espécie apresenta porosidade reduzida e textura fina; as propriedades químicas foram semelhantes às de coníferas normalmente utilizadas para produção de painéis de madeira; a madeira apresentou baixa massa específica (0,41 g/cm³) com alta estabilidade dimensional; para as juntas de topo coladas, o tratamento composto por junções do tipo *finger-joint*, adesivo EPI com gramatura de 180 g/m² (T7), apresentou maior resistência para o ensaio de tração paralela e flexão estática; a análise por MEV permitiu a visualização e comprovação da degradação do

adesivo PVA por ação da umidade, e demonstrou que o adesivo EPI não apresenta alteração estrutural na mesma condição; e para a colagem lateral da madeira de *Cupressus lusitanica* é indicado a utilização de adesivo EPI com gramatura de 180 g/m² (T3), devido à elevada resistência e percentual de falha na madeira.

Palavras-chave: Espécie não convencional. Produto de maior valor agregado. Adesivos e junções. Propriedades tecnológicas.

ABSTRACT

ALMEIDA, C. C. F. **Quality evaluation of gluing *Cupressus lusitanica* Mill. wood for edge glued panels (EGP) production.** 2015. 142 p. Dissertation (MSc in Forest Engineering) - Santa Catarina State University. Post graduate Program in Forest Engineering, Lages, Santa Catarina, Brazil, 2015.

The aim of this study was to evaluate the bonding quality of two adhesives (PVA and EPI) in top and side joints of *Cupressus lusitanica* in production of EGP panels. Anatomical, chemical and physical characterization was performed to determine the influence on the formation and performance of bonded joints. For evaluation of end-grain joints in static bending tests and tension parallel were assessed two adhesives (PVA and EPI), grammage (180 and 200 g/cm²) and two types of end-grain joints (butt-joint and finger-joint). In addition to the strength and stiffness analysis was applied the technique of scanning electron microscopy technique (SEM) to verify the influence of moisture contend in glued bonds of parallel tensile specimens. The side bonding was performed with two adhesive (PVA and EPI) and two grammage (180 and 200 g/m²) by shear test in the central glue line. As result, the specie has low porosity and fine texture; chemical properties was similar to conifers usually used to wood panels production; wood showed low density (0.41g/cm³) with high dimensional stability; for glued end-grain joints, the treatment composed of finger-joint, adhesive EPI with grammage 180 g/m² (T7), showed greater resistance to parallel traction and bending test; SEM analysis allowed the visualization and verification of PVA adhesive degradation by moisture, and demonstrated that EPI adhesive has no structural change in same condition; for side bonding of *Cupressus lusitanica* timber is indicated using EPI adhesive with

grammage 180 g/m² (T3) due to high strength and wood failure percentage.

Keywords: Unconventional species. Higher value-added product. Adhesives and joints. Technological properties.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aspecto típico do <i>Cupressus lusitanica</i> e as estruturas vegetativas e reprodutivas da espécie.....	40
Figura 2 - Diagrama de atividades realizadas com a madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	56
Figura 3 - Diagrama de corte para a obtenção dos corpos de prova de retratibilidade da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	57
Figura 4 - Obtenção dos corpos de prova para massa específica básica e caracterização anatômica.....	58
Figura 5 - Diagrama de corte tangencial utilizado no desdobro das toras.....	59
Figura 6 - Etapas de clarificação, tingimento e desidratação dos cortes anatômicos.....	61
Figura 7 - Cortes anatômicos orientados montado em lâmina.	61
Figura 8 - Análise anatômica dos traqueoides	62
Figura 9 - Determinação do volume verde e massa seca da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	64
Figura 10 - Prensagem das peças de flexão estática e tração paralela utilizando “cinta” de estabilização.	70
Figura 11 - Esquema de geometria dos corpos de prova de flexão estática.....	71
Figura 12 - Geometria dos corpos de prova de tração paralela.	72
Figura 13 - Realização dos ensaios de flexão estática.	74

Figura 14 - Ensaio de tração paralela às fibras.....	75
Figura 15 - Preparação das amostras para evaporação de ouro.	77
Figura 16 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	78
Figura 17 - Sistema de prensagem aplicado às peças de cislhamento na linha de cola.	80
Figura 18 - Qualidade da colagem lateral.	81
Figura 19 - Percentual de falha na madeira (FM%) observado nas peças de cisalhamento na linha de cola.	83
Figura 20 - Foto macroscópica e fotomicroscopia da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	86
Figura 21 - Microestrutura da junção finger-joint, 200 g/m ² e adesivo PVA em condição seca.	111
Figura 22 - Microestrutura da junção finger-joint, 200 g/m ² e adesivo PVA em condição úmida.	112
Figura 23 - Microestrutura da junção finger-joint, 200 g/m ² e adesivo EPI, em condição seca.	113
Figura 24 - Microestrutura da junção finger-joint, 200 g/m ² e adesivo EPI, em condição úmida.	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Normas utilizadas para as análises químicas da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	63
Tabela 2 - Delineamento experimental aplicado à produção de painéis EGP	68
Tabela 3 - Delineamento experimental aplicado à produção de painéis EGP visando a avaliação da qualidade de colagem lateral.	79
Tabela 4 - Valores médios para as características morfológicas dos traqueoides da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i> no sentido medula-casca.	87
Tabela 5 - Valores médios para as propriedades químicas da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	91
Tabela 6 - Valores médios de massa específica básica da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	96
Tabela 7 - Coeficientes de retratibilidade lineares e volumétrico da madeira de <i>Cupressus lusitanica</i>	100
Tabela 8 - Valores médios para módulo de ruptura (MOR) à flexão.....	102
Tabela 9 - Valores médios para módulo de ruptura à tração paralela.	107
Tabela 10 - Valores médios de tensão máxima no ensaio de cisalhamento na linha de cola.	115

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	31
1.1	OBJETIVO GERAL.....	33
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
2	REVISÃO DE LITERATURA	33
2.1	SETOR DE BASE FLORESTAL	33
2.2	ESPÉCIES TRADICIONALMENTE UTILIZADAS PELO SETOR DE BASE FLORESTAL.....	35
2.3	ESPÉCIES NÃO CONVENCIONAIS.....	37
2.4	<i>Cupressus lusitanica</i> MILL.....	39
2.5	PRODUTOS DE MAIOR VALOR AGREGADO	42
2.6	PAINÉIS EGP	43
2.7	FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DOS PAINÉIS EGP.....	44
2.7.1	Características da madeira.....	44
2.7.1.1	<i>Propriedades anatômicas.....</i>	44
2.7.1.2	<i>Propriedades químicas.....</i>	45
2.7.1.3	<i>Propriedades físicas da madeira.....</i>	46
2.7.2	Características da colagem e do adesivo	49
2.7.3	Características do processo	51
2.7.3.1	<i>Preparo da madeira para produção dos painéis EGP</i> 51	
2.7.3.2	<i>Processo de fabricação dos painéis EGP</i>	52
2.7.4	Condições de uso do produto colado	53
2.8	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM DE PANEIS EGP.....	54

3	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
3.1	MATÉRIA-PRIMA	55
3.2	ANÁLISE ANATÔMICA DA MADEIRA DE <i>Cupressus lusitanica</i>	60
3.3	ANÁLISE QUÍMICA DA MADEIRA DE <i>Cupressus lusitanica</i>	62
3.4	DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS.....	63
3.4.1	Massa específica básica da madeira	63
3.4.2	Massa específica aparente e retratibilidade.....	64
3.5	AVALIAÇÃO DAS JUNTAS COLADAS.....	67
3.5.1	Avaliação da qualidade das juntas de topo.....	67
3.5.1.1	<i>Corpos de prova para flexão estática e tração paralela às fibras</i>	68
3.5.1.2	<i>Aplicação dos pré-tratamentos</i>	72
3.5.1.3	<i>Execução dos ensaios, cálculo da tensão máxima e determinação do percentual de falha na madeira.....</i>	73
3.5.1.4	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para análise degradação dos adesivos por ação da umidade.....</i>	76
3.5.2	Avaliação da qualidade da colagem lateral.....	78
3.5.2.1	<i>Confecção dos corpos de prova</i>	79
3.5.2.2	<i>Aplicação dos pré-tratamentos</i>	81
3.5.2.3	<i>Execução dos ensaios e cálculo da tensão máxima ...</i>	82
3.6	ANÁLISE DOS DADOS	84
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	85

4.1	ANÁLISE ANATÔMICA.....	85
4.2	ANÁLISE QUÍMICA	90
4.3	PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA	95
4.4	AVALIAÇÃO DAS JUNTAS COLADAS DE <i>Cupressus lusitanica</i>	102
4.4.1	Flexão estática.....	102
4.4.2	Tração Paralela	106
4.4.3	Análise por MEV	110
4.4.4	Cisalhamento na linha de cola.....	114
5	CONCLUSÕES	118
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
	REFERÊNCIAS.....	121

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o setor de base florestal apresentou um aumento na demanda por madeira, causado principalmente por estímulos governamentais ao setor de móveis, o qual beneficiou principalmente as indústrias de painéis de madeira, uma vez que a maior parcela da produção da indústria moveleira brasileira é baseada em painéis de madeira, sejam estes de madeira reconstituída ou processada mecanicamente (BNDES, 2012).

A indústria de painéis de madeira utiliza principalmente matéria-prima de baixa massa específica, dado que espécies com esta característica apresentam melhor qualidade de colagem pela melhor acomodação entre lâminas e partículas da madeira, quando submetido à prensagem (IWAKIRI et al. 2012 a). Desta forma, as espécies do gênero *Pinus* destacam-se na indústria de painéis de madeira tanto para uso estrutural ou não-estrutural devido à baixa massa específica e resistência mecânica adequada (ABIMCI, 2009).

Para atender esta demanda de matéria-prima cada vez mais crescente, torna-se necessário não somente aumentar as áreas de plantio com espécies atualmente utilizadas, mas também buscar opções de outras espécies de rápido crescimento que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa para suprir as necessidades das indústrias, bem como, contribuir para o desenvolvimento e geração de novos produtos (TRIANOSKI, 2010).

Neste sentido, estão sendo realizadas pesquisas com diversas espécies (IWAKIRI et al., 2012b) de coníferas, como a *Cryptomeria japonica* e o *Cupressus lusitanica* (PEREIRA et al., 2003; PINTO et al., 2011; CARNEIRO et al., 2008; TRIANOSKI et al., 2013). Onde para as condições da região do planalto catarinense o *C. lusitanica* mostra-se adequado para o cultivo, contudo, a espécie ainda é utilizada apenas como cerca-

viva e quebra-vento (OKINO et al., 2008; SHIMIZU et al., 1995, SHIMIZU et al., 2006).

O *C. lusitanica* é uma gimnosperma pertencente à família Cupressaceae, originária das regiões montanhosas do México, Guatemala, El Salvador e Honduras (CHAVES e FONSECA, 1991), e apresentou incremento de até 36 m³/ha.ano (SHIMIZU et al., 1995). A madeira da espécie demonstra ser adequada para múltiplos usos como madeira sólida, painéis de madeira e celulose e papel (PEREIRA; HIGA, 2003; MARCHIORI, 2005; OKINO et al., 2010; XAVIER et al., 2012).

A madeira de *Cupressus lusitanica* foi avaliada quanto às propriedades físicas, químicas, anatômicas (PEREIRA; HIGA, 2003), durabilidade natural (OKINO et al., 2008) e ao rendimento em madeira serrada (ROQUE et al., 2010). Entretanto para a espécie, são escassas informações referentes ao comportamento quando utilizada para produtos colados de madeira sólida.

Dentre estes, os produtos de maior valor agregado (PMVA) podem apresentar informações relevantes quanto à interação madeira-adesivo, pois destacam-se por utilizar peças de madeira sólida coladas em junções de topo e laterais, em especial os painéis colados lateralmente (*Edge Glued Panel – EGP*) (MAYER, 2007; PEREIRA, 2003).

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da colagem de dois adesivos (Poliacetato de vinila - PVA e Emulsão polimérica de isocianato - EPI) em junções de topo e laterais da madeira de *Cupressus lusitanica* para a produção de painéis de madeira colados lateralmente (*Edge Glued Panel – EGP*).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a madeira por meio das análises anatômicas e químicas;
- Determinar a massa específica e os coeficientes de retratibilidade da madeira sólida;
- Avaliar dois adesivos (PVA e EPI), duas gramaturas (180 g/m^2 e 200 g/m^2) e duas junções de topo (plana e *finger joint*), por meio de ensaios de flexão estática e tração paralela;
- Analisar a influência da exposição à umidade nos corpos de prova de tração paralela por meio da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- Determinar a tensão máxima da colagem lateral da madeira com dois adesivos (PVA e EPI) e duas gramaturas (180 g/m^2 e 200 g/m^2) por meio do ensaio de cisalhamento na linha de cola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SETOR DE BASE FLORESTAL

A área de florestas plantadas no mundo é de 264 milhões de hectares e representa 7% de todas as florestas globais e 22% das florestas destinadas à exploração comercial. A maior parte

da área de plantios de florestas (61%), localiza-se na China, Índia e Estados Unidos. No Brasil, existem 7,6 milhões de hectares de florestas plantadas para fins industriais. O Brasil, apesar de deter uma pequena parte da área de plantios de florestas do mundo, contribui anualmente com 17% de toda a madeira colhida, em decorrência da alta produtividade dos plantios de árvores no País (IBÁ, 2014).

No ano de 2013 o setor de base florestal de florestas plantadas brasileiro movimentou uma quantia de 56,0 bilhões de reais, sendo que, no mesmo ano a área ocupada por plantios florestais totalizou 6,7 milhões de hectares, sendo 72,0% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 20,7% aos plantios de *Pinus* (IBÁ, 2014).

Em relação aos plantios de *Eucalyptus*, o segmento de papel e celulose concentra 71,2% da área plantada, seguido pelos segmentos de siderurgia a carvão vegetal (18,4%), painéis de madeira (6,8%) (ABRAF, 2012).

No caso do *Pinus*, além do segmento de Papel e Celulose (61,1%), os segmentos mais representativos são o de Painéis de Madeira Industrializada e o de Produtores Independentes, que detêm, respectivamente, 20,6% e 13,3% da área plantada (ABRAF, 2012).

Segundo IBÁ (2014), no ano de 2013, o setor de serrados consumiu aproximadamente 15.300.000 m³ de madeira do gênero *Pinus*, o que corresponde à 37,54% do consumo total, seguido pelo setor de painéis de madeira (33,02%), celulose e papel (19,80%) e lenha industrial (9,64%).

A indústria de serrados e de painéis de madeira apresentou grande crescimento nos últimos cinco anos, o que é devido à concessão de estímulos governamentais concedidos às indústrias de móveis por meio da desoneração fiscal do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) nos anos de 2010 e 2011. Este fato favoreceu o segmento e alavancou o crescimento do

consumo, beneficiando sensivelmente toda a cadeia moveleira e principalmente o segmento de painéis de madeira (ABRAF, 2012).

Painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação que, aglutinadas pela ação de pressão, de temperatura e da utilização de adesivos, são novamente agregadas visando à manufatura. A principal vantagem desse tipo de produto é a aplicação como substituto da escassa e encarecida madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis, portas, pisos e rodapés. Os painéis de madeira podem ser divididos em dois tipos: os painéis de madeira reconstituída e os painéis de madeira processada mecanicamente (BNDES, 2012).

Os principais tipos de painéis de madeira reconstituída são o *medium density particleboard (MDP)*, o *medium density fiberboard (MDF)* e correlatos como o *high density fiberboard (HDF)* e o *super density fiberboard (SDF)*.

Na outra vertente, os painéis de madeira processada mecanicamente são formados por camadas de lâminas ou sarrafos de madeira maciça e representados principalmente pelos compensados e painéis *EGP*, cuja utilização segue a aplicação dos demais materiais, servindo tanto à indústria de móveis quanto à construção civil (BNDES, 2010).

2.2 ESPÉCIES TRADICIONALMENTE UTILIZADAS PELO SETOR DE BASE FLORESTAL.

Segundo o relatório anual IBÁ (2014) referente ao ano de 2013, a área plantada com árvores no Brasil atingiu 7,60 milhões de hectares, crescimento de 2,8% na comparação com os 7,39 milhões de hectares de 2012. Os plantios de árvores de eucalipto representaram 72,0% (5,47 milhões de ha) desse total e as árvores de pinus, 20,7% (1,57 milhões de ha), acácia, teca,

seringueira paricá, araucária e populus estão entre as outras espécies mais plantadas no Brasil.

A maior concentração de plantios florestais dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* ocorre nas regiões Sul e Sudeste do país, onde, também estão localizadas as principais unidades industriais dos segmentos de celulose, papel, painéis de madeira, madeira serrada e siderurgia a carvão vegetal (IBÁ, 2014).

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, com distribuição natural entre a Oceania até a Indonésia e Filipinas, onde apresenta mais de 700 espécies, distribuídas principalmente na Austrália. Dentre as espécies plantadas no Brasil podem ser destacadas a *Corymbia citriodora* (anteriormente *Eucalyptus citriodora*), *E. tereticornis*, *E. urophylla*, *E. grandis* e o híbrido *E. urograndis* para regiões de clima tropical, enquanto, para regiões temperadas são poucas as espécies adaptadas, dentre elas o *E. viminalis*, *E. dunnii*, e *E. benthamii*. (OLIVEIRA et al., 1999; ARAÚJO et al., 2012; ALVES et al., 2011).

Decorrente da elevada instabilidade da madeira e rápido crescimento, os principais usos do gênero são voltados para a indústria de celulose e papel, lenha industrial e carvão, com consumo de aproximadamente 56.630.000 m³, 42.000.000 m³ e 24.000.000 m³ no ano de 2013, respectivamente (IBÁ, 2014).

Já o gênero *Pinus* pertence à família Pinaceae, que é a maior família da ordem Coniferae, do grupo das Gymnospermae. Sua área de ocorrência natural vai da região polar até os trópicos, englobando os continentes da Europa, Ásia, América do Norte e Central, não ocorrendo naturalmente na América do Sul. O gênero apresenta cerca de 105 espécies identificadas, que são fisiologicamente resistentes à seca, contudo, são muito exigentes em luz (MARCHIORI, 2005).

Assim, as principais espécies utilizadas nestes plantios se resumem basicamente em *P. taeda* e *P. elliottii*, as quais

apresentaram rápido crescimento, intensa reprodução e facilidade de aplicação de práticas silviculturais e de manejo, tendo suprido a necessidade de matéria prima das indústrias madeireiras que utilizam *Pinus* em seus processos até os dias atuais.

O *P. taeda* é a espécie mais importante dentre as espécies florestais plantadas comercialmente no Sul e Sudeste do Brasil. Entre as espécies do gênero, é mais plantada no Brasil, com cerca de 1 milhão de hectares e os plantios se concentram nos planaltos da região sul bem como as partes mais chuvosas do sul dos estados de São Paulo e Minas Gerais (PRATA, 2010). No Brasil, o gênero apresenta produtividade média de 31,3 m³/ha.ano.

A espécie de *P. taeda* tem como principais finalidades os produtos derivados da madeira, sendo muito utilizado para a serraria e principalmente para a indústria de celulose e papel. Por ser uma árvore resinosa pode-se extrair sua resina; contudo, essa não possui alta qualidade e quantidade, como a produzida por *P. elliottii*. (FOELKEL e FOELKEL, 2008).

Mas, em relação a 2006, a área plantada com árvores de *Pinus* acumula uma queda de 16,8% (IBÁ, 2014), esta tendência deve ser mantida ou ampliada nos próximos anos, devido à redução ou estagnação de áreas de plantio na região Sul do Brasil, causado principalmente pela substituição por espécies do gênero *Eucalyptus* tolerantes ao frio e à ocorrência de geadas.

2.3 ESPÉCIES NÃO CONVENCIONAIS

Para reduzir as dependências de madeiras de pinus e eucalipto, o setor de base florestal tem investido em pesquisas nas áreas de silvicultura e tecnologia da madeira em busca de espécies alternativas de rápido crescimento para a produção de madeira (IWAKIRI et al., 2012b). Da mesma forma, Trianoski

et al. (2013b) destacam a necessidade de estudos relacionados à utilização de espécies alternativas, a fim de aumentar a diversidade e volume de matéria prima ofertada ao mercado madeireiro.

Dentre as espécies de coníferas não usuais algumas como as espécies de pinus tropicais, tais como *P. maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. tecunumannii* (IWAKIRI et al., 2012a), a *Cryptomeria japonica* (TRIANOSKI et al., 2013a) e também o *C. lusitanica* (OKINO et al., 2008) apresentam características adequadas ao fornecimento de matéria-prima alternativa à produção de produtos de madeira com comprovada viabilidade técnica frente as normas e requisitos internacionais (IWAKIRI et al., 2012b; TRIANOSKI et al., 2013b). Assim como as espécies de folhosas *Grevillea robusta* (IWAKIRI et al., 2004), *Toona ciliata* (SÁ et al., 2012), *Melia azedarach* (IWAKIRI et al., 2012c), *Schizolobium parahyba* (BORTOLETTO Jr. e BELINI, 2002), *S. amazonicum*, *Cecropia hololeuca* (IWAKIRI et al., 2012d) apresentam características adequadas ao fornecimento de matéria-prima alternativa à produção de painéis de madeira.

Contudo, a região do planalto catarinense apresenta características edafoclimáticas que inviabilizam a utilização de algumas espécies florestais de rápido crescimento. A principal restrição é devida ao clima, caracterizado segundo a classificação de Köppen, como temperado úmido com verões amenos, associado à invernos rigoroso com ocorrência de geadas severas (IBGE, 1992).

Estas características impedem a expansão dos plantios de culturas não resistentes. Entre as espécies de rápido crescimento largamente cultivadas no Brasil, apenas algumas espécies como os *E. viminalis*, *E. dunnii* e *E. benthamii* apresentam aptidão ao cultivo nestas regiões (ALVES et al., 2011), no entanto, estas espécies ainda apresentam entraves à utilização como moderado

incremento volumétrico e severa ocorrência de defeitos da madeira.

Entre as espécies não convencionais atualmente cultivadas no Brasil, a conífera *Cupressus lusitanica* (OKINO et al, 2008) se destaca por apresentam resistência às condições climáticas da região do planalto catarinense, além de possuir características adequadas ao fornecimento de matéria-prima alternativa à produção de produtos de madeira.

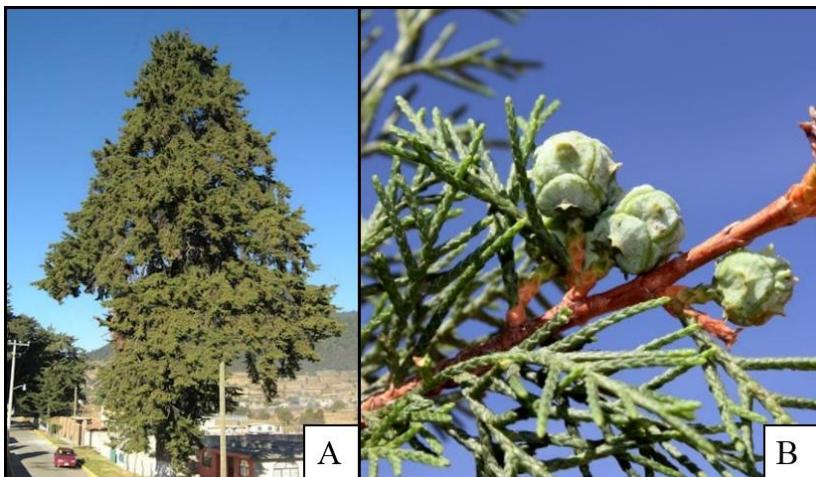
2.4 *Cupressus lusitanica* Mill.

Segundo Chaves e Fonseca (1991) o *C. lusitanica*, é uma espécie gimnosperma pertencente à família Cupressaceae, originária das regiões montanhosas do México, Guatemala, El Salvador e Honduras. Acredita-se que a espécie *C. lusitanica* é derivada de *C. lindleyi* ou de *C. Benthamii* (FOELKEL e ZVINAKEVICIUS, 1978). O equívoco terminológico deve-se a seu antigo cultivo na região de Bussaco (Portugal) realizado há cerca de mais de 300 anos (MARCHIORI, 2005).

A árvore pode atingir mais de 30 m de altura e 100 cm de diâmetro no DAP, tendo como características gerais a ampla copa piramidal, ramos horizontais que se curvam para baixo nas extremidades, folhagem verde-clara e casca marrom provida de fissuras longitudinais (Figura 1 A). As folhas escalariformes, ovaladas, medem 1 mm de comprimento e desprovidas de glândula dorsal conspícua (MARCHIORI, 2005).

Os cones femininos, globosos medem de 10 a 15 mm de diâmetro e reúnem de 6 a 8 escamas peltadas, providas de robusta apófise dorsal. Tem coloração cinza-azulada quando jovens, que desaparece com a maturação (MARCHIORI, 2005) como demonstra a Figura 1 B.

Figura 1 - Aspecto típico do *Cupressus lusitanica* e as estruturas vegetativas e reprodutivas da espécie.



Fonte: A: EARLE, C. J. 2005; B: PARADA, G. A., 2015.

Em sua zona de origem o *C. lusitanica* participa da composição de florestas pluviais em altitudes de 1000 a 2000 metros (MARCHIORI, 2005). Segundo Shimizu et al. (1995) a espécie é apropriada para plantações em elevadas altitudes, com precipitação média anual entre 1.000 mm e 1.600 mm e temperatura média anual de até 17 °C.

A espécie não conta com grandes áreas de plantios, em sua maioria são áreas para pesquisa ou com cunho experimental. Contudo, as árvores da espécie apresentam crescimento rápido com produtividade média de 30 m³/ha.ano, e pode ser cultivado mesmo em terrenos rasos, onde seu crescimento pode superar o de *P. elliottii* var. *elliottii* (PEREIRA; HIGA, 2003).

Shimizu et al. (1995) destacam o incremento em crescimento com o aumento da altitude, de 24,5 a 27 m³/ha.ano a 900 m de altitude no Estado de São Paulo, para 36 m³/ha.ano a 1.400m de altitude, no sul de Minas Gerais. Comportamento

provavelmente associado a aproximação das condições climáticas às ocorrências nas regiões de ocorrência natural da espécie.

Conhecida popularmente como cipreste, o *C. lusitanica* no Brasil ainda é conhecido pela utilização ornamental, como cerca-viva e quebra-ventos, no entanto, pode ser manejada para a produção de madeira, inclusive nas pequenas propriedades rurais, visto que tolera vários tipos de solo (SHIMIZU et al., 2006).

A madeira da espécie apresenta características como grã reta, textura fina, média a baixa massa específica, baixa retratibilidade, secagem rápida ao ar e excelente estabilidade dimensional, fácil trabalhabilidade com boa impregnação de colas, vernizes e pinturas (PEREIRA; HIGA, 2003; MARCHIORI, 2005; OKINO et al., 2010; ROQUE et al., 2010).

Por apresentar um grande porte e fuste reto, a madeira é adequada para múltiplos usos como movelearia, celulose e papel, caixotaria, painéis de madeira e construções rurais, com destaque ao uso interno e externo em contato com solo ou água devido à alta resistência às intempéries (PEREIRA; HIGA, 2003; MARCHIORI, 2005; OKINO et al., 2008; OKINO et al., 2010; XAVIER et al., 2012).

Roque et al. (2010), demonstram que o desdobro mecânico da madeira de *C. lusitanica* apresenta rendimento entre 30 a 60%, dependendo do diâmetro e comprimento da tora. O rendimento de toras de topo das árvores, e de primeiro desbaste é baixo (20 a 25%), mas o aumento dos diâmetros pode-se atingir rendimento de até 65%, e segundo Pereira e Higa (2003) a espécie apresenta estabilidade dimensional semelhante ao *P. elliottii*, o que torna a espécie mais interessante quando comparado com as espécies do gênero *Eucalyptus* mais adaptadas ao frio, principalmente, quando se visa o múltiplo uso da madeira.

2.5 PRODUTOS DE MAIOR VALOR AGREGADO

Os produtos de madeira de maior valor agregado - PMVA são aqueles produtos secundários de madeira que, através de reprocessamento ou rebeneficiamento, são transformados em outro produto acabado ou semi-acabado, de maior valor (MAYER, 2007).

O grupo de produtos considerados como PMVA, é dividido em quatro grandes segmentos: portas de madeira, molduras, pisos de madeira e painéis EGP (PRATA, 2010).

Segundo Carvalho et al. (2005) para fabricação do PMVA, utilizam-se em especial o *Pinus* e algumas espécies nativas, como ipê, imbuia, jatobá e outras, porém observa-se um crescimento da participação do eucalipto e outras espécies alternativas, em virtude de seus potenciais, da tendência de esgotamento das espécies nativas e mesmo de restrições para a comercialização de produtos oriundos de florestas nativas, sobretudo por parte do mercado externo.

Mayer (2007) descreve as principais características dessa indústria:

- menor número e geralmente são grandes unidades de produção;
- localização geográfica relativamente descentralizada;
- apresentam investimentos médios em tecnologia;
- baixo grau de verticalização (em geral não têm capacidade econômico financeira para investir em florestas próprias);
- abertas (volume considerável de exportação, mas não se encontram no mesmo estágio de desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Madeira Industrial).

2.6 PAINÉIS *EGP*

EGP é a sigla em inglês de *Edge Glued Panel* (Painel Colado Lateralmente), que é caracterizado como sendo um conjunto de peças de madeira coladas lateralmente formando um painel. Os sarrafos podem apresentar união de topo, que pode ser reta ou do tipo *finger-joint*. A maior parte da produção nacional é feita em madeira de *Pinus*, embora sejam encontrados painéis colados lateralmente fabricados em madeira de folhosas tropicais como de *Eucalyptus* (ABIMCI, 2009).

Segundo CUNHA e MATOS (2011), o mercado de painéis *EGP* e os demais produtos com maior valor agregado, está intimamente associado às atividades de construção e decoração residencial.

Os painéis *EGP* são utilizados na fabricação de móveis onde comumente não são aplicados revestimentos ao painel, haja vista que o efeito decorativo é dado pelo próprio desenho da madeira e/ou pelas emendas, e também na construção civil, tanto na parte estrutural quanto na parte decorativa. É produto de uma indústria madura, com restrições de natureza ambiental, dada a diminuição da disponibilidade de toras de grande diâmetro e de qualidade necessárias para sua fabricação e, também, pela elevação dos custos envolvidos (BNDES, 2008).

Como a qualidade dos painéis *EGP* está relacionada à incidência de defeitos observados nos sarrafos que compõem o painel, o produto (*EGP*) de baixa qualidade, ou seja, aquele onde o efeito decorativo do desenho da madeira é comprometido pela evidência de nó morto ou medula, é revestido com lâminas decorativas (ABIMCI, 2009).

2.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DOS PAINÉIS EGP

2.7.1 Características da madeira

Ao inverso da maioria dos fatores que influenciam a colagem e seu desempenho, os parâmetros relacionados às características da madeira, muitas vezes, não podem ser alterados devido à sua origem biológica (REIS et al, 1982).

2.7.1.1 *Propriedades anatômicas*

Iwakiri (2005) cita que as propriedades anatômicas da madeira estão relacionadas à condição de movimentação do adesivo para o interior da estrutura da madeira. Sendo assim, a influência da anatomia da madeira no desempenho da colagem está intrinsecamente ligada à porosidade e à permeabilidade.

Marra (1992), relata que quando se considera as propriedades anatômicas da madeira seus efeitos sobre o movimento dos adesivos estão simplesmente atrelados à estrutura de madeira, ou seja, na capacidade de penetração.

A porosidade e a permeabilidade das madeiras afetam grandemente a adesão das mesmas, tendo em vista que a adesão mecânica depende principalmente da disposição dos espaços vazios para que haja uma penetração do adesivo dentro da madeira e que estes espaços vazios estejam desbloqueados, permitindo assim, depois da cura, uma fixação do adesivo por ancoramento (PRATA, 2010).

Mas, por outro lado, Iwakiri (2005) afirma que madeira com alta porosidade pode ocasionar uma penetração excessiva, e consequentemente, ocorrer a chamada linha de cola faminta, ou seja, uma fraca ligação entre os substratos.

Albuquerque e Latorraca (2005) destacam que a porosidade da madeira é decorrente dos processos de desenvolvimento dos tecidos, como a formação de cerne e alburno e dos lenhos inicial e tardio, onde a variação nas dimensões dos elementos vasculares ao longo do fuste irá conferir características específicas a cada tipo de madeira.

2.7.1.2 Propriedades químicas

A composição química da madeira apresentam variabilidade entre árvores e dentro da mesma árvore, sendo que, é decorrente da espécie, condições de crescimento, maturidade e dos tipos de tecidos da planta (KLOCK et al., 2005).

A madeira é constituída quimicamente de componentes majoritários que compreendem a celulose, hemiceluloses e lignina, e os componentes minoritários, formados por extrativos e substâncias inorgânicas (cinzas). Estes constituintes estão presentes na madeira de coníferas nas seguintes proporções: celulose, 40 a 45%; hemiceluloses, 20-30%; lignina, 25-35%; extrativos, 3-8%; e cinzas, 0,4% (OLIVEIRA, 2003).

A constituição química da madeira interfere na produção de painéis de madeira, mais precisamente no que diz respeito ao processo de colagem. Na dependência da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo (LIMA, 2006).

Os tipos de extrativos e suas variações quantitativas representam uma importante parte no processo produtivo, e problemas podem ocorrer no consumo de adesivo e na sua taxa de cura (HILIG, 2000). Santos (2008) destaca que espécies com baixo teor de extrativos são as mais desejadas para produção de painéis de madeira.

A caracterização química da madeira é importante devido sua influência direta na utilização da madeira em diversos ramos da indústria de base florestal, como celulose e papel, painéis de madeira e geração de energia de biomassa florestal (KLOCK *et al.* 2005; MARRA, 1992; IWAKIRI *et al.*, 2012b; BRAND, 2010), apesar de ser considerada complexa devido a interações da madeira, sejam estas físicas e químicas devidas aos componentes da parede celular, os carboidratos e a lignina (OKINO *et al.*, 2006).

2.7.1.3 Propriedades físicas da madeira

Para a produção de painéis de madeira sólida como os painéis *EGP* é necessária uma maior atenção às propriedades físicas da madeira, de modo que o produto não apresenta um elevado nível de desagregação da madeira, e consequentemente manter comportamento semelhante à madeira sólida (MAYER, 2007). Dentre as propriedades físicas pertinentes à produção de painéis de madeira sólida, pode-se destacar a massa específica da madeira, o teor de umidade e os coeficientes de anisotropia e de retratibilidade.

a) Massa específica

A massa específica influência diretamente nas propriedades físicas e tecnológicas, servindo na prática, como uma referência para a classificação da madeira, haja vista que as demais características físicas e mecânicas da madeira apresentam relação direta a esta.

É comprovada que a correta utilização de um material está associada às suas características, onde uma maior massa específica corresponde quase sempre à maior retratibilidade e resistência mecânica. Desta forma, há um alto grau de correlação

entre a massa específica e as propriedades mecânicas da madeira, bem como em relação ao seu poder calorífico (PRATA, 2010).

De acordo com Oliveira e Silva (2003), as variações da massa específica dependem das mudanças na proporção dos vasos e das espessuras das paredes celulares das fibras. O aumento dessa propriedade pode ser o resultado do aumento da espessura da parede celular das fibras ou de um aumento na proporção das fibras em relação, por exemplo, à proporção de vasos. De maneira inversa, um aumento na proporção de vasos, com ou sem decréscimo na espessura da parede celular, leva à sua redução.

Marra (1992) descreve que a influência da massa específica na colagem da madeira sob dois aspectos. Uma influência é quanto à estabilidade dimensional da madeira. Quanto maior sua massa específica maior será sua alteração dimensional devido às mudanças em seu teor de umidade e com isso aumentando a tensão exercida na linha de colagem.

Outro aspecto é quanto à quantidade de espaços vazios em função da massa específica. Quanto maior a massa específica, mais espessa as paredes das células e por consequência menor a quantidade de espaços vazios na madeira. Onde, a penetração do adesivo será maior em madeiras de baixa massa específica do que em madeiras com alta massa específica (MARRA, 1992).

b) Teor de umidade

O conhecimento da umidade da madeira é primordial para o sucesso da produção de painéis de madeira. Segundo Nock e Richter (1978) o adesivo tende a perder umidade mais rapidamente em lâminas de madeiras com baixo teor de umidade, pois o adesivo tende a penetrar mais na lâmina e se

afastar da linha de cola. Para madeiras de coníferas o teor de umidade situado entre 8 e 10%, pode ser considerado ideal para colagem de topo através de junções *finger-joint* com finalidade estrutural (RAKNES, 1982).

No entanto segundo Raknes (1982) a situação oposta também é limitante, onde madeiras coladas com um teor de umidade elevado, posteriormente, causarão tensões nas linhas de cola. Amoah et al. (2014) e St-Pierre et al. (2005), descrevem que juntas coladas com madeira verde, em condição úmida, apresentaram redução na qualidade da linha de cola, resistência ao teste de flexão estática e percentual de falha na madeira quando comparado ao resultado obtido para colagem em condição seca.

c) Retratibilidade da madeira

O coeficiente de anisotropia da madeira apresenta uma das características mais importantes à produção de painéis *EGP*, pois a influência dos fatores citados anteriormente pode gerar elevadas tensões nos painéis, prejudicando a estabilidade dimensional e as propriedades mecânicas do mesmo.

As variações dimensionais da madeira, ocorridas durante e após a cura do adesivo, podem contribuir para a deterioração das ligações adesivas em presença de variações de umidade, por introduzirem tensões elevadas nas juntas coladas (PRATA, 2010).

Segundo Prata (2010), grande importância é dada quando ocorre falha na ligação adesiva devido à contração da madeira, pois as rachaduras são mais visíveis quando a madeira seca. No entanto, no processo de inchamento da madeira ocorre o enfraquecimento do vínculo dos substratos e é claramente demonstrada pela diminuição frequente do percentual de falha na madeira em relação ao adesivo em condições úmidas.

2.7.2 Características da colagem e do adesivo

Devido os painéis *EGP* serem utilizados principalmente na fabricação de móveis destinados ao uso interno, é comum o emprego de adesivos como o Poliacetato de vinila (PVA), o qual, é um adesivo pronto para uso, de cor branco ao castanho-claro, sendo que a interface de colagem apresenta-se incolor (PRATA, 2010).

O adesivo Poli (acetato de vinila) ou acetato de polivinila - PVA - é resultante da polimerização (em dispersão aquosa) do acetato de vinila. É um dos adesivos termoplásticos mais utilizados para colagem de madeiras e foi desenvolvido na década de 1950 para uso interior (IWAKIRI, 2005).

Por serem à base de água, a resina PVA apresenta vantagens como: a facilidade e segurança no manuseio, A ausência de odor e inflamabilidade, possuindo baixo custo se comparado a outras resinas comerciais, possuem secagem rápida sob condições adequadas, são de fácil limpeza e possuem boa estabilidade à estocagem (IWAKIRI, 2005).

O adesivo PVA se estabelece principalmente pela perda de água por difusão da película adesiva na madeira. Devido à sua natureza polar, ocorre o umedecimento e a penetração do adesivo na madeira (VICK e ROWELL, 1990).

Ao eliminar a água de sua composição, a sua estrutura química se une formando uma linha de cola homogênea e contínua. Portanto, a porosidade de pelo menos um dos substratos a ser colado é uma das condições para que ocorra a umectação, absorção e penetração do adesivo, proporcionando assim resistência da colagem e elasticidade da junta adesiva (GARCIA; RECH, 2011).

Follrich et al. (2010) citam que o adesivo PVA pode penetrar facilmente pelo lume das células, mas não entre a

estrutura da parede celular, como efeito de reforço em escala microscópica. Contudo, a menor aptidão de penetração do adesivo PVA à parede celular resulta em uma quantidade de adesivo disponível à linha de cola, o que pode explicar uma maior resistência de colagem em peças com superfícies aplainadas ou lixadas.

Quanto à colagem em si, o adesivo PVA pode ser aplicado diretamente na madeira, prensado em temperatura ambiente ou através de alta frequência, sendo que depois de colado, o produto apresenta alta resistência mecânica quando em ambiente seco, seu ponto crítico de utilização se dá em ambientes com altas temperaturas e alta umidade (PRATA, 2010).

Clauß et al. (2011), demonstram que o adesivo PVA apresenta proeminente degradação térmica a partir de 50°C e tem suas propriedades adesivas seriamente comprometidas, inviabilizando a utilização como elemento ligantes entre peças de madeira colada. Os autores destacam que a partir da referida temperatura, o percentual de falha na madeira reduz para aproximadamente 0%, devido ao comportamento termoplástico do adesivo.

Outro adesivo que se destaca para a manufatura de produtos para uso interno, como o *EGP*, é o EPI, ou Emulsão Polimérica de Isocianato.

O EPI, é um adesivo bicomponente, formado por uma base de poli (acetato de vinila) e um isocianato polimérico (difenilmetano-diisocianato – MDI). Este último tem a função de catalisar a reação de cura do adesivo que ocorre através da reação dos grupos isocianatos com as hidroxilas da madeira (SELLERS JR., 1994).

Os isocianatos são as resinas termorrígidas mais utilizadas para colagem de madeira e devido ao seu alto desempenho, apresenta boa flexibilidade, alta resistência ao calor,

à água e solventes é indicado especialmente para colagem de artefatos de madeira, vigas, portas e janelas, *finger-joint* (CONNER, 2001; ZIMMERMAN, 2006). A capacidade para colar plásticos e outros substratos é uma vantagem desta resina frente a outros adesivos para madeira (FRIHART, 2005).

Porém, o alto custo e a necessidade de mistura antes da aplicação são as principais desvantagens.

2.7.3 Características do processo

2.7.3.1 Preparo da madeira para produção dos painéis EGP

Juntas dentadas ou em formato de dedos, chamadas de *finger-joints* são comumente utilizadas para a união longitudinal de sarrafos, segundo Albuquerque e Latorraca (2005), com esta técnica novas superfícies de colagem são criadas, proporcionando assim colagens fortes.

Segundo Martins (2012) a utilização de junções do tipo *finger-joint* permite um maior aproveitamento da matéria-prima. Além disso, se manufaturadas adequadamente, as junções dentadas podem atingir resistência de pelo menos 75% da resistência da madeira sólida de muitas espécies.

Para otimizar a performance do produto, entre os vários parâmetros que podem exercer influência nas junções *finger-joint*, deve ser considerado principalmente a geometria das junções da superfície colada (BARBOUTIS; VASILEIOU, 2013; FOLLRICH et al., 2010).

Sendo que as junções dentadas do tipo não estrutural, possuem dentes curtos com pontas largas, diferentemente das junções com geometria destinada ao uso estrutural, as quais, apresentam dentes compridos e pontas finas (JOKERST, 1981). Onde a geometria de dente das junções *finger-joint* é o fator primordial para direcionar o uso da peça colada, pois o aumento

do comprimento do dente reverte em um aumento na resistência da junção aos esforços de flexão estática e tração paralela (BARBOUTIS; VASILEIOU, 2013; SERRANO, 2009). Entretanto Kumar et al. (2010), observaram que sob compressão paralela, as junções compostas por dentes de ponta mais fina apresentaram resultado inferior ao obtido em *fingers* com dentes mais largos.

Assim como a geometria das junções coladas, o acabamento superficial das peças coladas é de primordial importância, pois irregularidades na superfície da madeira como depressões e ondulações afetam a colagem por danificar parcial ou total dos elementos anatômicos (TIENNE, 2006) os quais são os pontos de interação entre madeira e adesivo.

Com relação à rugosidade das junções coladas, Follrich et al. (2010) observaram maior resistência de colagem para amostras com superfícies mais rugosas e assim como no caso da geometria dos dentes *finger-joint*, é atribuído a um aumento na superfície, e consequentemente, maior área de colagem, facilitando a ligação mecânica entre adesivo e a superfície da madeira, principalmente quando considerado o adesivo PVA.

Contudo, a topografia da superfície, dependendo de seu aspecto, como aspereza e superficiais imperfeições, podem reduzir o grau de aproximação de duas peças a serem coladas, o que prejudica as funções de movimentação do adesivo (MAYER, 2007). Özçifçi e Yapıcı (2007) citam que a resistência de colagem foi afetado pelo processo de preparação com maiores resultados para superfícies mais uniformes.

2.7.3.2 Processo de fabricação dos painéis EGP

Os painéis *EGP*, são comumente constituídos por peças livres de defeitos denominadas *clear blocks* que foram previamente desdobradas e secas, em seguida, são formadas as

junções, sejam elas do tipo plana ou *finger-joint*, por simples destopo das peças ou pela fresagem. Após a uniformização das peças é realizada a aplicação do adesivo com rolo aplicador, em seguida por uso de pressão as peças são encaixadas e são destinadas à prensagem propriamente dita. A prensagem de painéis EGP pode ser realizada por prensas à frio do tipo carrossel e por prensas de alta frequência (PRATA, 2010; LOPES, 2008; BIANCHE, 2014).

2.7.4 Condições de uso do produto colado

Adesivos utilizados em junções coladas possuem duas funções primordiais. A primeira é manter unidos os elementos colados e a segunda é transmitir de forma equivalente a tensão na linha de cola para os elementos colados (LE e NARIN, 2014).

Para que se tenha um bom desempenho de colagem, é de suma importância o emprego de adesivos adequados, conforme as condições ambientais onde o produto colado irá conviver principalmente nos casos onde as condições se caracterizam por variações cíclicas de alta e baixa umidade (IWAKIRI, 1998).

Desta forma, Vick (1999) destaca que os adesivos devem ser indicados de acordo a finalidade e o ambiente que será exposto. Para uso interno e não estrutural são indicados os adesivos mais simples como amido, *Hot-melt*, *Soybean* e Polivinil acetato (PVA), para usos semiestrutural e estrutural, é necessária a utilização de adesivos mais complexos que em contato com a madeira produzam ligações mais resistentes. No caso de uso estrutural em ambiente interno pode ser utilizado o adesivo natural caseína ou o adesivo sintético uréia-formaldeído (UF), em situações de exposição reduzida há a necessidade de utilização de adesivos sintéticos de maior resistência à umidade, como os adesivos epóxi, isocianatos e melamina-uréia-formaldeído (MUF). Já para condição estrutural em contato

contínuo em ambiente úmido são indicados os adesivos melamina-formaldeído (MF), Emulsão polímero/isocianato, resorcinol-formaldeído (RF) e fenol-formaldeído.

2.8 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM DE PANEIS EGP

O propósito de testar a performance do adesivo é garantir que as junções coladas não apresentarão deterioração antes que possam atingir as objetivos esperados. Geralmente, os métodos de teste almejam prever como se comportarão as junções coladas em um carregamento específico (VICK, 1999).

A maior parte dos testes de resistência de juntas coladas prevê simular as piores condições de uso do produto, assim como as piores condições ambientais de transporte e acondicionamento.

Assim como as normas EN-204 (2001) e EN-205 (2002), a qual descrevem as classes de durabilidade dos adesivos, contudo, esta norma não avalia a qualidade da interação de colagem entre madeira e adesivo, mas sim a qualidade do adesivo em resistir às condições adversas, pois a norma determina um substrato específico, a madeira de faia (*Fagus sylvatica L.*).

Assim, para a avaliação de qualidade das juntas coladas as normas ASTM 5572 (2005) EN 13354 (2009) são mais adequadas, pois, descrever ensaios específicos para a análise de peças coladas de madeira sólida e de painéis de madeira sólida de espécies de coníferas ou de folhosas.

As quais, determinam a aplicação de pré-tratamentos dependendo do ambiente em que as peças e painéis são destinados, seja para uso interno ou externo. Contudo, as normas apresentam limitação quanto à aplicação em produtos ou painéis

destinados ao uso estrutural, sendo necessário, portanto, a utilização de normas específicas para tal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

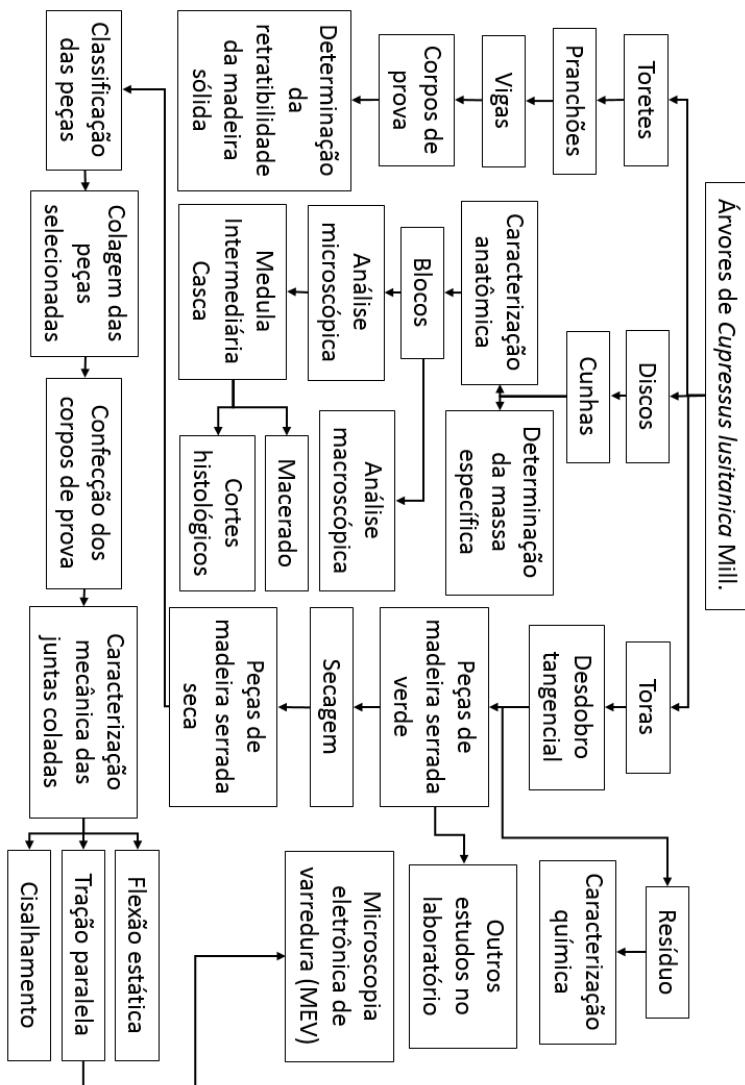
3.1 MATÉRIA-PRIMA

A madeira de *C. lusitanica* utilizada no presente estudo foi proveniente de um plantio experimental com 72,21ha pertencente à Empresa Florestal Gateados Ltda. A empresa está sediada no município de Campo Belo do Sul, na mesorregião serrana de Santa Catarina. O município possui latitude de 27°53'57" sul e longitude de 50°45'39" oeste, altitude de 1017m, clima definido como mesotérmico úmido com temperatura média anual de 15°C e temperatura mínima média anual de 10 a 12°C (PANDOLFO et al., 2002).

A área experimental foi implantada em 1995, sendo que a coleta do material de estudo (árvores) para os ensaios foi realizada no ano de 2013. Foram utilizadas 8 árvores de 19 anos com altura total média de 19,7 m, altura comercial média de 15,2 m e diâmetro à altura do peito (DAP) variando entre 20 e 37 cm.

Na Figura 2 está apresentado o fluxograma das atividades desenvolvidas no presente estudo, desde o plantio experimental até a realização das análises.

Figura 2 - Diagrama de atividades realizadas com a madeira de *Cupressus lusitanica*

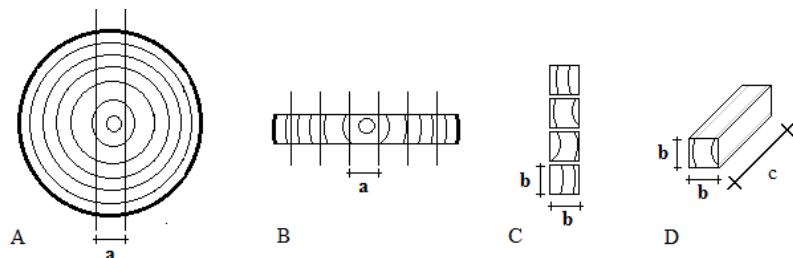


Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

De cada árvore, foi retirado um torete com 1,3m de comprimento a partir da base para a caracterização física da madeira sólida, 1 disco com 5 cm de espessura para a determinação da massa específica básica e caracterização anatômica, e 5 toretes com comprimento de 1,90 m para a produção dos painéis colados e o desenvolvimento de outros experimentos do Laboratório de Ensaios Físicos e Mecânicos da UDESC.

Os toretes basais foram seccionados longitudinalmente, formando um pranchão central com 8 cm de espessura, o qual continha a medula. Do pranchão, foram retiradas vigas de 8 X 8 cm de área transversal, descartando a viga central que continha a medula. Da viga foram obtidos os corpos de prova para a caracterização física da madeira sólida por meio da massa específica aparente e da retratibilidade (Figura 3).

Figura 3 - Diagrama de corte para a obtenção dos corpos de prova de retratibilidade da madeira de *Cupressus lusitanica*.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: A: Toretes; B: Pranchões; C: Vigas; D: Corpos de prova; a: 8,0 cm; b: 2,5 c: 10,0 cm.

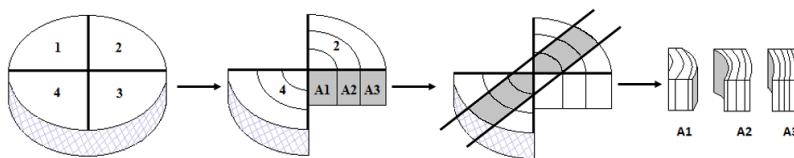
A determinação da massa específica básica e caracterização anatômica da madeira, foi realizada através dos discos, de 5cm. Cada disco foi divididos em quadrantes, sendo os quadrantes 1 e 3 destinados à determinação da massa

específica básica da madeira e os quadrantes 2 e 4 para a caracterização anatômica.

Os quadrantes 2 e 4 destinados à análise anatômica, foram refilados para a retirada da seção central no sentido medula-casca com 2 amostras cada.

As amostras foram obtidas na seção transversal nas posições medula, intermediária e casca, como demonstra a Figura 4.

Figura 4 - Obtenção dos corpos de prova para massa específica básica e caracterização anatômica.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

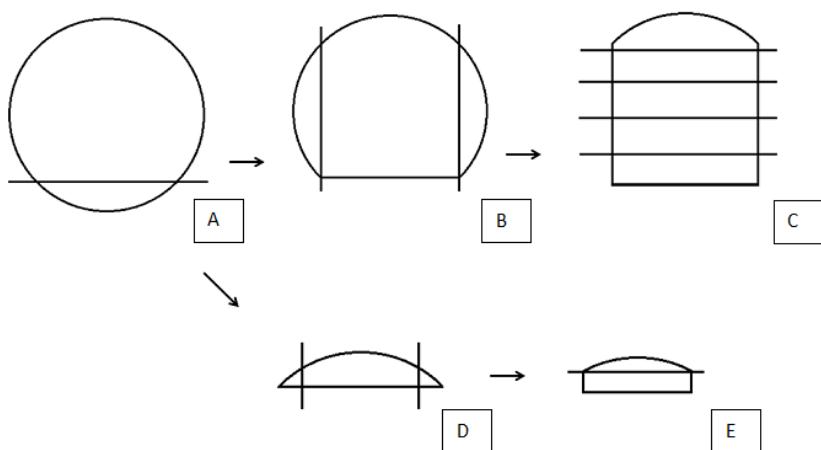
As toras obtidas foram encaminhadas para a Empresa Boa Esperança Indústria, Comércio e Exportação de Madeiras Ltda. localizada no município de Capão Alto, SC, para a realização do desdobro.

O sistema de desdobro tangencial aplicado envolveu a passagem das toras em um serra fita horizontal onde era feito um corte por baixo, ou seja, retirada de uma costaneira na parte de baixo da tora. A porção maior da tora foi reprocessada em uma serra fita dupla, sendo retirado um semi-bloco de 140 mm de largura e mais duas costaneiras.

O semi-bloco foi direcionado a uma sequência de quatro serras de fita horizontais para obtenção das peças de madeira serrada de 140 mm de largura e 15 mm de espessura. Já as três costaneiras foram refiladas em uma serra circular múltipla e

resserradas em uma sequência de duas serras de fita horizontais, uniformizando a largura das peças em 140 mm e 15 mm em espessura como demonstra a Figura 5.

Figura 5 - Diagrama de corte tangencial utilizado no desdobro das toras.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: A: serra fita horizontal; B: serra fita dupla; C: serra fita horizontal de quatro cabeçotes; D: serra circular múltipla; E: serra fita horizontal.

O diagrama de corte utilizado no desdobro proporcionou a obtenção de 700 peças de madeira serrada com dimensões de 1,90 m de comprimento, 140 mm de largura e 15 mm de espessura.

As peças de madeira serrada foram secas ao ar livre até a umidade de equilíbrio da região ($\pm 15\%$) e classificadas de acordo com a presença de defeitos naturais e de processamento, de modo que as peças com qualidade superior foram utilizadas para a confecção dos painéis colados.

Dos resíduos do desdobro dos toretes, foram obtidas amostras de serragem para a realização da análise química da madeira. Após a coleta, a amostra foi homogeneizada e peneirada para a obtenção de serragem com granulometria de 40 a 60 mesh de acordo com as recomendações da norma T264 – cm07 (TAPPI, 2007). O material foi armazenado em sala climatizada com temperatura e umidade controladas para a redução e uniformização da umidade da amostra até 12%.

3.2 ANÁLISE ANATÔMICA DA MADEIRA DE *Cupressus lusitanica*

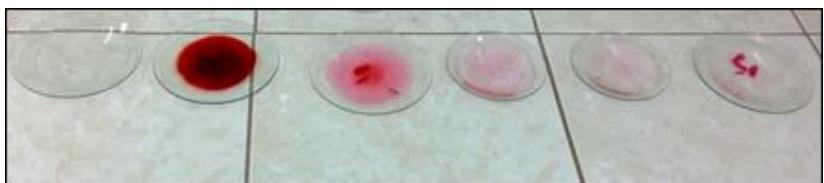
A análise anatômica da madeira do *C. lusitanica* foi realizada de forma macroscópica e microscópica por meio dos cortes histológicos e de material macerado. Para tanto, dos blocos de cada porção da cunha (medula, intermediário e casca) com dimensões de 2 X 2 X 2 cm, foram obtidos os materiais para as duas análises.

Dentre os parâmetros macroscópicos, foram avaliadas as características organolépticas: cor, odor, grã, textura e brilho.

Os cortes histológicos dos blocos foram realizados no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade Federal do Paraná (UFPR) em um micrótomo de deslize Zeiss Hyrax S50, regulado para espessura de 20 µm.

Inicialmente os cortes foram clarificados em solução de hipoclorito de sódio 60%, submersos em água destilada e corados em saframina hidro alcoólica 1%, conforme metodologia desenvolvida por Johansen (1940). Após a coloração, os cortes foram desidratados em série alcoólica ascendente até álcool absoluto e passados em acetato de butila (Figura 6).

Figura 6 - Etapas de clarificação, tingimento e desidratação dos cortes anatômicos.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Posteriormente os cortes foram montados em lâminas, seguindo a orientação anatômica transversal, radial e tangencial de montagem, como demonstra a Figura 7.

Figura 7 - Cortes anatômicos orientados montado em lâmina.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

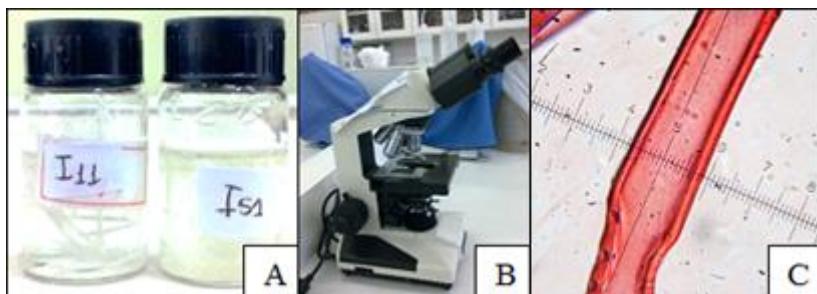
Desta forma, por meio da visualização dos cortes histológicos no microscópio de luz Olympus BX 51, conectado à câmera digital Evolution LC, foi realizada a anatomia descritiva da espécie, os parâmetros avaliados foram número de raios por milímetro linear, número de células por raio em altura e em largura, de acordo com a metodologia recomendada pela IAWA Committee (1989).

Para o material macerado, pequenos filetes de madeira provenientes dos blocos, foram submetidos a uma solução de

peróxido de hidrogênio e ácido acético, em relação 1:1 e mantidos em estufa à 60°C por 24 horas. Após o período de aquecimento, as amostras foram lavadas com água destilada e coradas com safranina, conforme descrito na metodologia de Franklin (1945).

As amostras de macerado foram levadas ao Laboratório de Parasitologia da Universidade do Planalto Catarinense - UNIPLAC onde foi realizada a mensuração do comprimento total, diâmetro do lume e espessura da parede, onde, foram utilizadas 30 repetições por seção avaliada, totalizado 1.440 medições para cada parâmetro. O equipamento utilizado foi um microscópio EUROMEX modelo FE 2020, sendo a medição realizada com lente com retícula graduada em micrometros (μm) como demonstra a figura 8.

Figura 8 - Análise anatômica dos traqueoides



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015. A: Macerado não tingido; B: Microscópio utilizado; C: mensuração de traqueoide tingido.

3.3 ANÁLISE QUÍMICA DA MADEIRA DE *Cupressus lusitanica*

As partículas de madeira obtidas durante o desdobraço mecânico das toras de *C. lusitanica*, foram peneirados e uniformizados com granulometria entre 40 e 60 mesh e com teor

de umidade de equilíbrio próximo a 12% foram submetidos à 6 análises, contando com 4 repetições cada, as quais estão apresentadas na Tabela 1 com as respectivas normas utilizadas.

Tabela 1 - Normas utilizadas para as análises químicas da madeira de *Cupressus lusitanica*.

Análise	Norma
Teor de solúveis em água fria	NBR 14577 (2003)
Teor de solúveis em água quente	NBR 14577 (2003)
Teor de solúveis em NaOH	NBR 7990 (2010)
Teor de extractivos em etanol-tolueno	NBR 14853 (2010)
Teor de extractivos em etanol	NBR 14660 (2004)
Teor de extractivos totais	NBR 14660 (2004)
Teor de lignina Klason	TAPPI T222 om-88 (1993)
Teor de cinzas	TAPPI T413 om-93 (1993)
Teor de holocelulose	Por diferença

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

3.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS

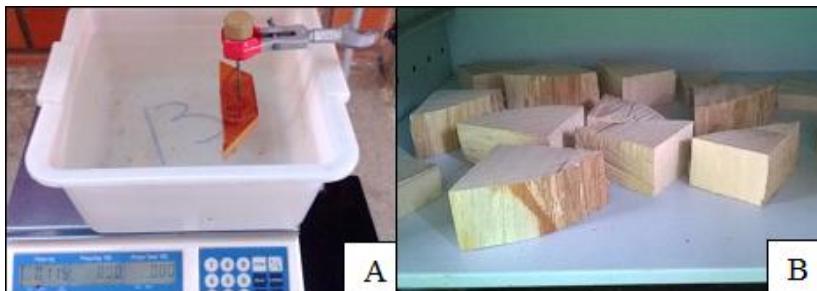
A determinação das propriedades físicas da madeira de *C. lusitanica* foi realizada conforme procedimentos estabelecidos pela COPANT 461 (1972) e COPANT 462 (1972).

3.4.1 Massa específica básica da madeira

O procedimento para a determinação da massa específica básica das cunhas foi realizado de acordo com a norma COPANT 461 (1972), iniciado com a imersão em água à temperatura ambiente até a total saturação, sendo determinado o volume pelo método da pesagem (Figura 9 A).

Posteriormente, as cunhas foram colocadas em uma estufa com circulação forçada de ar à temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até estabilização do peso, ou seja, 0% de umidade (Figura 9 B). As cunhas foram colocadas em um dessecador para resfriar até a temperatura ambiente, sendo seguidamente pesada em uma balança de precisão.

Figura 9 - Determinação do volume verde e massa seca da madeira de *Cupressus lusitanica*.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Com a obtenção do volume saturado e do peso seco, foi aplicada a Equação 1 para a determinação da variável.

$$MEb = \frac{Ps}{Vs} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: MEb = Massa específica básica (g/cm^3);

Ps = Peso seco (g);

Vs = Volume saturado (cm^3).

3.4.2 Massa específica aparente e retratibilidade.

Os corpos de prova obtido a partir dos toretes basais das árvores apresentavam dimensões 25 X 25 X 100mm e perfeita orientação dos anéis de crescimento. Desta forma, foi possível a

observação dos coeficientes de retratibilidade lineares tangencial, radial e longitudinal, além da quantificação volumétrica dos mesmos.

Para tanto, os corpos de prova foram imersos em água até atingirem a saturação completa, sendo pesados em uma balança de precisão (0,01g) e medidos em pontos específicos das dimensões lineares supracitadas com auxílio de um paquímetro. Posteriormente, os corpos de prova foram armazenados na sala de climatização à temperatura de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $\pm 65\%$ até atingirem massa constante, ou seja, teor de umidade próximo a 12%.

O processo de pesagem e medição foi aplicado novamente e em seguida os corpos de prova foram colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingirem 0% de umidade, sendo reaplicado o processo supracitado.

Com a atividade prática concluída no laboratório, passou-se para a tabulação dos dados, aplicação das equações e cálculo das variáveis de interesse. O cálculo da massa específica aparente foi feito em pontos fixos de umidade, saturado, $\pm 12\%$ e 0% (Equação 2), enquanto que a retratibilidade volumétrica foi determinada entre a amostra no estado verde (saturado) e a amostra no estado seco (0%), conforme pode ser observado pelas equações 3 e 4.

$$MEap\% = \frac{P(sat., 12\%, 0\%)}{V(sat., 12\%, 0\%)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$MEap$ = Massa específica em pontos fixos de umidade (g/cm^3)

P = Peso (g)

V = Volume (cm^3)

$$\beta V_{máx} = \left(\frac{V_u - V_0}{V_u} \right) * 100 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$\beta V_{máx}$ = coeficiente de retratibilidade volumétrica máxima (%);

V_u = Volume do corpo de prova no estado saturado de umidade (mm)

V_0 = Volume do corpo de prova no estado seco em estufa (mm).

$$\beta i_{máx} = \left(\frac{i_{28\%} - i_0}{i_{28\%}} \right) * 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$\beta i_{máx}$ = coeficiente de retratibilidade tangencial máxima

$i_{28\%}$ = dimensão máxima no sentido “i” (mm);

i_0 = dimensão mínima no sentido “i” (mm).

A anisotropia dimensional que determina o desvio entre as variações dimensionais nos sentidos anatômicos tangencial e radial, e consequentemente o comportamento da madeira durante a secagem foi determinada por meio da Equação 5.

$$Ac = \beta t / \beta r \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

Ac = Coeficiente de anisotropia de contração;

βt = Coeficiente de contração tangencial (%);

βr = Coeficiente de contração radial (%).

3.5 AVALIAÇÃO DAS JUNTAS COLADAS

As peças de madeira serrada classificadas para a confecção dos corpos de prova para a avaliação das juntas coladas foram destopadas em peças livres de defeitos (*Clear Blocks*) em dimensões padronizadas pela norma de referência para cada ensaio (flexão estática, tração e cisalhamento na linha de cola).

Todos os corpos de prova utilizados para a avaliação das juntas coladas foram produzidos na marcenaria do CAV/UDESC com auxílio de uma serra fita simples, uma lixadeira e uma prensa hidráulica Charlott, modelo 100, com carregamento vertical e capacidade de prensagem de 100.000 kgf.

3.5.1 Avaliação da qualidade das juntas de topo

O delineamento experimental referente a avaliação da qualidade das juntas de topo foi desenvolvido em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, relacionando 2 adesivos (Poliacetato de vinila - PVA e Emulsão polimérica de isocianato - EPI), duas gramaturas (180 e 200g/m²) e duas junções perpendiculares (plana e *Finger-joint*), como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 - Delineamento experimental aplicado à produção de painéis EGP.

Tratamento	Adesivo	Gramatura (g/m ²)	Junção de topo
T1	PVA	180	Plana
T2	PVA	200	Plana
T3	PVA	180	<i>Finger-joint</i>
T4	PVA	200	<i>Finger-joint</i>
T5	EPI	180	Plana
T6	EPI	200	Plana
T7	EPI	180	<i>Finger-joint</i>
T8	EPI	200	<i>Finger-joint</i>

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

A avaliação da qualidade das juntas coladas nos 8 tratamentos foi realizada por meio da determinação da resistência máxima ao ensaio de flexão estática e tração paralela. A confecção dos corpos de prova e a execução dos ensaios foram realizadas de acordo com os procedimentos da ASTM 5572 (2005) – *Standard Specification for Adhesives Used for Finger-joints in Nonstructural Lumber Products*.

3.5.1.1 Corpos de prova para flexão estática e tração paralela às fibras

A confecção dos corpos de prova para o ensaio de flexão estática envolveu a utilização de 500 peças destopadas em 150 mm de comprimento, enquanto que para o ensaio de tração, o destopo originou 500 peças com 110 mm de comprimento. Salienta-se que em ambos os casos, não houve o corte longitudinal das peças (refilo), ou seja, as peças continuavam com 140 mm de largura.

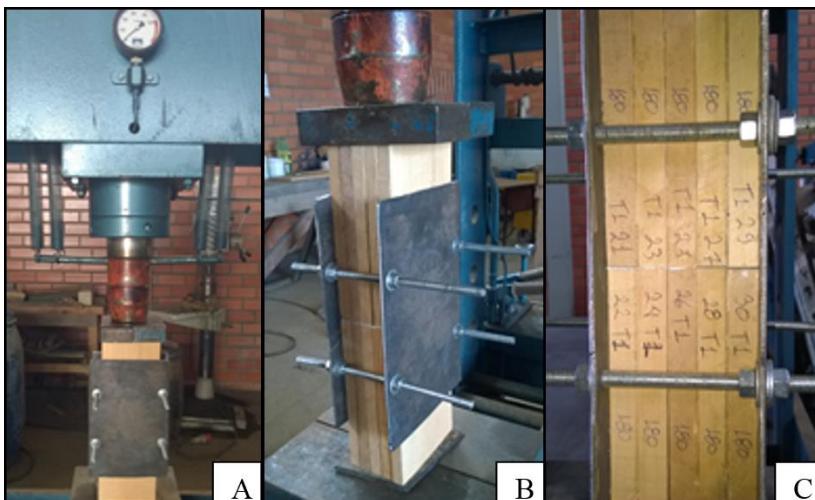
Para a avaliação das juntas planas e *finger-joint* pelos ensaios de flexão estática e tração, houve a necessidade do fresamento das peças para a obtenção da segunda junção mencionada. O fresamento foi realizado na unidade de beneficiamento da Empresa MADEPAR Indústria e Comércio de Madeiras Ltda., sendo que a face fresada apresentava 5 dentes com 7,15 mm de comprimento, 2,40 mm de largura na base e 1,60 mm de largura na ponta.

Após a obtenção das peças com topes planos e fresados, foi realizada a aplicação das resinas nas duas gramaturas destacadas no delineamento. A quantificação da resina para cada emenda foi realizada com auxílio de uma balança analítica com precisão de 0,001g, sendo a aplicação realizada com o auxílio de um pincel.

Na sequência, as duas peças de cada corpo de prova foram unidas manualmente e encaminhadas para a prensa hidráulica, com força de 3.000kgf aplicados sobre 112,50cm², o que corresponde à pressão de 2,61MPa, por um tempo de 180 minutos para a resina PVA e 30 minutos para a EPI, como recomendado pelo fabricante.

Durante a produção das peças destinadas aos ensaios de flexão estática e tração paralela foi necessário a utilização de uma “cinta” de estabilização para garantir que a pressão aplicada às peças fosse mantida constantemente paralela à normal sem a ocorrência de flambagem das peças (Figura 10).

Figura 10 - Prensagem das peças de flexão estática e tração paralela utilizando “cinta” de estabilização.



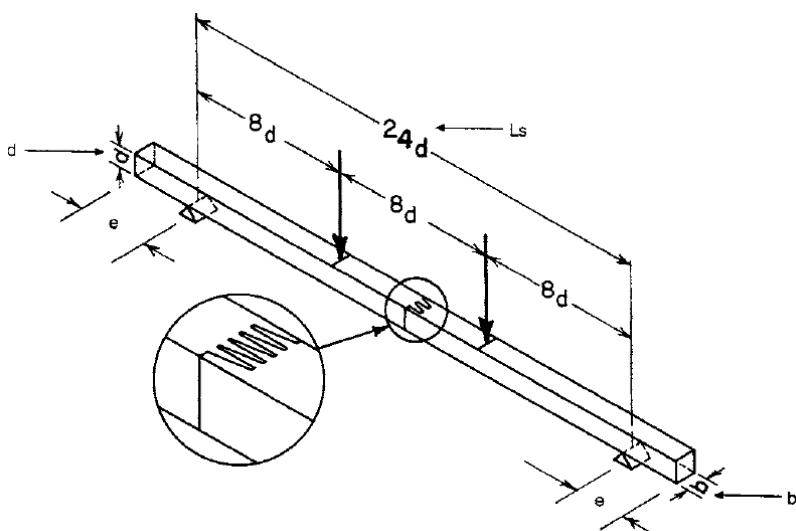
Fonte: Produção do próprio Autor, 2015. Legenda: A: Vista frontal; B: Vista lateral; C: Detalhe do encaixe entre peças.

Após a prensagem, as peças foram mantidas em ambiente climatizado por aproximadamente 30 dias para garantir a cura completa dos adesivo e a estabilização do teor de umidade das peças. Após o período de climatização, as peças foram refiladas em serra fita simples para as dimensões requeridas pelos ensaios de flexão estática e tração, sendo posteriormente armazenadas até o momento da aplicação dos pré-tratamentos e dos ensaios mecânicos.

De acordo com a norma de referência, os corpos de prova para flexão estática devem apresentar dimensões de 12,8 X 19,2 X 307,2 mm em espessura, largura e comprimento, respectivamente, com vão de 24 vezes a altura do corpo de prova. No entanto, em função das peças de madeira serrada de *C. lusitanica* apresentarem 15 mm de espessura e fresagem na

horizontal, foi necessário a adaptação para 10 X 15 X 240mm. Ao comprimento, foi acrescentado 25,4mm para que o corpo de prova ficasse apoiado sobre os dois pontos de reação, como demonstra a Figura 11.

Figura 11 - Esquema de geometria dos corpos de prova de flexão estática.

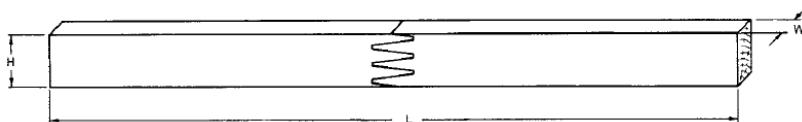


Fonte: ASTM 5572 (2005).

Legenda: b: espessura; d: largura; Ls: vão; e: comprimento extra.

Assim como para os corpos de prova de flexão estática, a norma ASTM 5572 (ASTM, 2005) determina as dimensões preferenciais para os corpos de prova do ensaio de tração paralela de 19,05 x 6,35 x 254mm em espessura, largura e comprimento (Figura 12).

Figura 12 - Geometria dos corpos de prova de tração paralela.



Fonte: ASTM 5572 (2005).

Legenda: H: Espessura; w: Largura e L: Comprimento.

Contudo, da mesma forma que para o ensaio de flexão estática, foi necessário a alteração da geometria dos corpos de prova para 5,0 x 15,0 x 195,5 mm em largura, espessura e comprimento. Entretanto, cabe salientar que foram mantidas as relações dimensionais especificadas em norma.

3.5.1.2 Aplicação dos pré-tratamentos

O objetivo das juntas coladas com PVA e EPI é para a formação de painéis *EGP* para a indústria moveleira, ou seja, ambiente interno em condição seca. Desta forma, foi necessário a aplicação de 4 pré-tratamentos, totalizando 80 corpos de prova por tratamento para o ensaio de flexão estática e 80 corpos de prova por tratamento para o ensaio de tração paralela. Os pré-tratamentos aplicados foram:

- a) Teste seco (P1): Condição ideal de uso do painel *EGP*, visando a obtenção da máxima resistência das junções coladas após a cura total do adesivo.
- b) Teste Úmido (P2): Pior condição de uso do painel. O teste consiste na aplicação de 3 ciclos de umedecimento e secagem, no qual, os corpos-de-prova foram imersos em água à temperatura ambiente (entre 19 a 27°C) durante um período de 4 horas. Em seguida os corpos de prova foram retirados da água e acondicionados em estufa com circulação forçada de ar à uma

temperatura de $41\pm3^{\circ}\text{C}$ durante um período de 19 horas. Após os ciclos foram realizados os ensaios.

c) Teste de elevada temperatura (P3): Degradação térmica dos adesivos por elevada temperatura, onde, o pré-tratamento consistiu em acondicionar os corpos de prova em estufa com circulação forçada de ar à uma temperatura de $104\pm3^{\circ}\text{C}$ durante um período de 6 horas e imediatamente em seguida realizar os ensaios.

d) Teste de elevada temperatura e umidade (P4): Degradação dos adesivos durante o período de transporte. Através da aplicação de duas camadas de filme plástico e aquecimento à temperatura de $65\pm1^{\circ}\text{C}$ em estufa por 20 minutos seguido de ensaio, realizado em ambiente climatizado à temperatura de $24\pm1^{\circ}\text{C}$.

Contudo para a aplicação da metodologia foi necessária a adaptação, havendo a substituição do filme plástico de PDVC por filme plástico PVC, disponível na região.

3.5.1.3 Execução dos ensaios, cálculo da tensão máxima e determinação do percentual de falha na madeira

Os ensaios mecânicos foram realizados em máquina universal de ensaios, EMIC modelo DL-300kN, com velocidade 12,7 mm por minuto. Os resultados obtidos foram o módulo de ruptura (MOR) no ensaio de flexão estática (Figura 14) e a tensão máxima (τ) no ensaio de tração paralela (Figura 15). Ainda foi determinado o percentual de falha na madeira (FM%) pela análise visual conforme descrito em norma.

Figura 13 – Realização dos ensaios de flexão estática.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

A determinação do módulo de ruptura para o ensaio de flexão estática foi realizada pela aplicação da equação 6.

$$MOR = \frac{Pl}{bd^2} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

R = Módulo de ruptura (MPa),

P = Carga máxima (N),

l = Vão (mm),

b = Largura do corpo de prova, (mm), e

d = espessura do corpo de prova (mm).

Figura 14 - Ensaio de tração paralela às fibras.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

A tensão máxima (τ) foi obtida pela Equação 7 para o ensaio de tração paralela às fibras.

$$\tau = \frac{P}{bd} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

τ = Tensão máxima (MPa),

P = Carga máxima (N),

b = Largura do corpo de prova, (mm), e

d = espessura do corpo de prova (mm).

O percentual de falha na madeira das junções foi determinado visualmente seguindo a metodologia descrita para junções *finger-joint* na norma ASTM D5572 (2005) tanto para tração quanto para flexão (sem requisito da norma), onde existem seis níveis de classificação.

Sendo o nível 1 corresponde ao rompimento principalmente no adesivo e com menos de 70% de falha na madeira, os seguintes níveis (2 a 6) correspondem genericamente à valores acima de 70%, contudo, a forma como ocorre o rompimento do corpo de prova determina o nível atingido e indica melhor eficiência de colagem, sendo:

Nível 2: falha ao longo da linha de cola, mas com falha na madeira superior à 70%;

Nível 3: falha ao longo do perfil dos dentes, com remoção de alguns dentes ou partes destes;

Nível 4: falha na base dos dentes com remoção parcial ou total destes;

Nível 5: falha iniciada nos dentes e propagada ao longo do corpo de prova

Nível 6: falha totalmente no corpo de prova, não influenciada pela junção.

3.5.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para análise degradação dos adesivos por ação da umidade

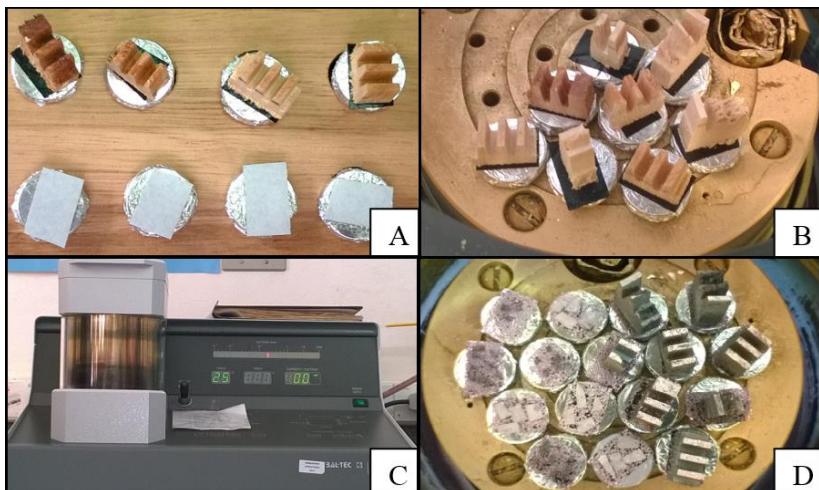
De forma paralela à metodologia tradicional, foram selecionados os 2 melhores tratamentos obtidos no ensaio de tração paralela a fim de determinar a influência da umidade na qualidade de colagem das junções avaliadas em duas condições extremas de uso (seco e úmido). Esta análise foi realizada por meio da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Para isso foram utilizados os pré-tratamentos P1 e P2 dos melhores tratamentos obtidos para cada adesivo, T3 (PVA, 180 g/m², *finger-joint*) e T7 (EPI, 180 g/m², *finger-joint*). Os corpos de prova ensaiados mecanicamente foram resserados a fim de obter peças com dimensões aproximadas de 5 x 5 x 5 mm, sendo em seguida levadas ao laboratório de Microscopia Eletrônica e

Análise Ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para secagem e montagem das amostras.

As amostras foram fixadas sobre os *stubs* com fita dupla face de carbono, sendo realizado a cobertura das amostras com ouro em um evaporador Balzers modelo SCD 050, como demonstra a Figura 15. Após aplicação do filme, as amostras foram acondicionadas em dessecador para evitar o ganho de umidade das peças.

Figura 15 – Preparação das amostras para evaporação de ouro.

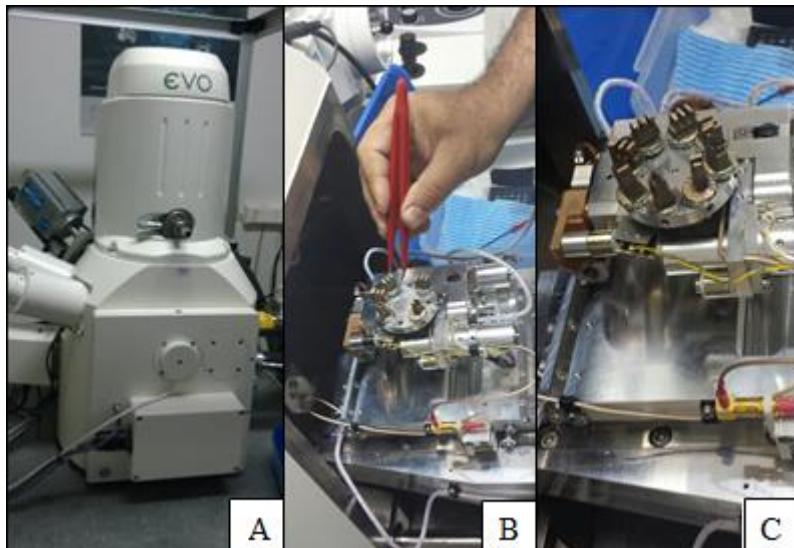


Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: A: Montagem das amostras nos *stubs*; B: Disposição das amostras no evaporador; C: Evaporador de ouro Balzers, SCD 050; D: Amostras após a aplicação do filme de ouro.

Para a obtenção das imagens MEV utilizou microscópio eletrônico de varredura da marca LEO, modelo EVO 40 (Figura 16).

Figura 16 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV).



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda A: Microscópio eletrônico de varredura Leo EVO 40; B: Colocação dos stubs no equipamento; C: Disposição das amostras para análise.

3.5.2 Avaliação da qualidade da colagem lateral

A avaliação da colagem lateral foi obtida por meio do ensaio de cisalhamento na linha de cola e contou com o delineamento fatorial do tipo 2 x 2, que relacionou 2 adesivos (PVA e EPI), 2 gramaturas (180 e 200 g/m²) totalizando 4 tratamentos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Delineamento experimental aplicado à produção de painéis EGP visando a avaliação da qualidade de colagem lateral.

Tratamento	Adesivo	Gramatura (g/m²)
T1	PVA	180
T2	PVA	200
T3	EPI	180
T4	EPI	200

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

No ensaio de cisalhamento foram utilizadas as metodologias descritas nas normas EN 13354/2009 *Solid wood panels – Bonding quality – Test method* e a norma EN 13353/2009 *Solid wood panels (SWP) – Requirements*. Foram utilizados dois pré-tratamentos com 20 corpos de prova cada, totalizando 40 corpos de prova por tratamento.

3.5.2.1 Confecção dos corpos de prova

As peças de madeira serrada utilizadas para a confecção dos corpos de prova para o ensaio de cisalhamento na linha de cola foram provenientes de peças livres de defeitos (*Clear Blocks*) com dimensões de 250 mm de comprimento. Como as peças apresentavam espessura inicial de 15 mm houve a necessidade de se reduzir a dimensão para 10 mm com auxílio de uma plaina, de forma que fosse atendido o parâmetro da norma e a qualidade superficial da peça para recebimento do adesivo.

Como as peças apresentavam 10 mm de espessura, a colagem face a face foi realizada com 4 peças, ou seja, em 3 linhas de cola com as gramaturas pré-estabelecidas (180 e 200

g/m^2). No entanto, a linha de cola ensaiada foi a central, sendo que as duas demais foram estabelecidas para que o corpo de prova ficasse com 40 mm de espessura.

No sistema de prensagem destinado ao ensaio de cisalhamento na linha de cola, foi aplicado força de 2.000kgf distribuída sobre área de 150,00 cm^2 , totalizando pressão de 1.31MPa.

As peças foram dispostas perpendicularmente à aplicação da carga (Figura 17) e o deslocamento horizontal entre peças foi regularizado manualmente durante o início da aplicação da carga.

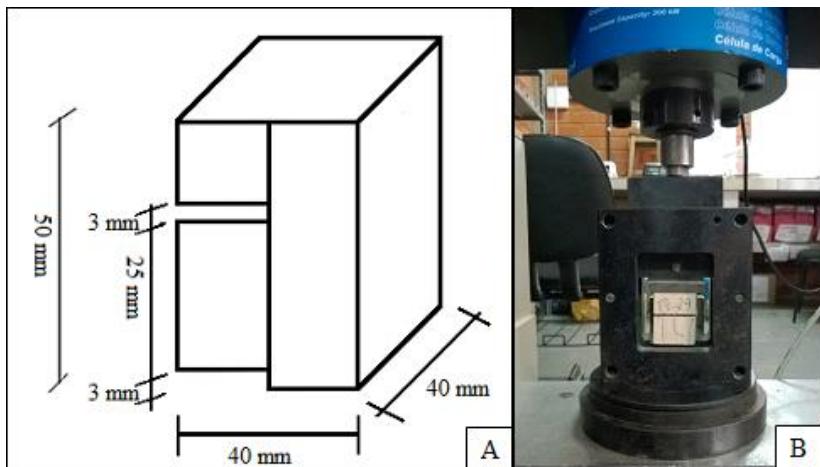
Figura 17 - Sistema de prensagem aplicado às peças de cisalhamento na linha de cola.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Ao final do processo, cada conjunto com 4 peças coladas apresentava dimensões de 250 mm X 50 mm X 40mm. Cada conjunto foi seccionado em 5 peças de 50 X 50 X 40mm cada uma, denominados de corpos de prova, nos quais foi efetuado dois cortes transversais com 3 mm cada um, de modo que fosse delineada a área destinada ao cisalhamento, como demonstra a Figura 18.

Figura 18 - Qualidade da colagem lateral.



Fonte: A: Adaptado de BILA (2014); B: Produção do próprio Autor, 2015.
Legenda: A: Corpo de prova; B: Ensaio de cisalhamento na linha de cola

3.5.2.2 Aplicação do pré-tratamento

Para a realização do ensaio de cisalhamento na linha de cola para painéis destinados ao uso em condição seca, a norma EN 13354 (2009), determina a aplicação de um pré-tratamento que consiste na imersão dos corpos de prova em água à temperatura de 20°C durante um período de 24h e em seguida realizar o ensaio.

Contudo juntamente ao tratamento úmido foi realizado o ensaio em condição seca a fim de determinar a resistência máxima dos tratamentos avaliados.

3.5.2.3 Execução dos ensaios e cálculo da tensão máxima

O ensaio de cisalhamento na linha de cola central, foi realizado após a aplicação de pré-tratamento em máquina universal de ensaios EMIC modelo DL-300kN, com velocidade de 5mm por minuto, seguindo a metodologia descrita em norma EN 13.354 (EN, 2009).

A tensão máxima foi calculada pela divisão entre a carga máxima aplicada ao corpo de prova e a área submetida ao esforço de cisalhamento (Equação 8).

$$\tau = \frac{P}{bd} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

τ = Tensão máxima (MPa),

P = Carga máxima (N),

b = Largura do corpo de prova (mm), e

d = Altura do corpo de prova (mm).

Já a porcentagem de falhas na madeira foi determinada visualmente por meio da metodologia descrita na referida norma.

A descrição visual da porcentagem de falha na madeira (FM%) foi realizada por 3 pessoas, onde os percentuais aferidos foram baseados na mensuração subjetiva com precisão de 5%, as quais, foram realizadas por avaliadores experientes na atividade.

Na figura 19, são apresentados exemplos de falha na madeira entre 0 e 100%, os quais serviram como parâmetro comparativo.

Figura 19 - Percentual de falha na madeira (FM%) observado nas peças de cisalhamento na linha de cola.



Legenda: A: 0% FM; B: 5% FM; C: 20% FM; D: 50% FM; E: 80% FM; e F: 100% FM.

A norma EN 13.354 (EN, 2009), destaca que para painéis de madeira sólida de camada simples, o quinto percentil inferior

obtido pelo teste de cisalhamento não deve ser inferior à 2,5 N/mm² ou 2,5 MPa.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

A caracterização anatômica da madeira de *C. lusitanica* foi realizada por meio da anatomia descritiva onde foram evidenciadas as principais estruturas da espécie e também por meio da análise da variância quando o objetivo era comparação de comprimento de traqueoide (L), diâmetro total (D), diâmetro de lume (d) e espessura de parede (E) entre as 3 diferentes porções do disco no sentido medula casca.

Na segunda análise anatômica e na determinação das propriedades físicas da madeira (massa específica e retratibilidade) foi realizado preliminarmente os testes de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade para a verificação da normalidade dos dados. Com os pressupostos atendidos, foi aplicada a análise da variância e o teste de Tukey a 5% de probabilidade em caso de diferença estatística entre os tratamentos.

A análise dos componentes químicos da madeira de *C. lusitanica* foi realizada de forma descritiva, com a obtenção dos valores médios, máximo e mínimos por análise, além da apresentação do coeficiente de variação entre elas.

Para a avaliação da colagem de topo e lateral das peças, os resultados encontrados foram submetidos preliminarmente ao teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade para a normalidade dos dados e ao teste de Levene para a verificação da homogeneidade das variâncias. Como os pressupostos não foram atingidos, realizou-se uma análise não paramétrica pelo teste de Friedman a 5% de probabilidade, tendo em vista que o objetivo era a determinação do melhor tratamento,

independentemente do tipo de adesivo, quantidade de adesivo aplicado (gramatura) e tipo de junta de topo a ser colada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE ANATÔMICA

Dentre as características organolépticas avaliadas, a madeira de *C. lusitanica*, apresenta cerne e alburno indistintos, com coloração bege-clara uniforme a levemente amarelo-alaranjada próximo à medula, cheiro característico, grã direita, brilho moderado, textura fina, anéis de crescimento pouco distintos (Figura 20A).

Corroborando com Pereira a Higa (2003), onde afirmam espécie apresenta textura fina, grã reta e cloração uniforme, o que permite melhor qualidade de acabamento superficial com lixa e menor consumo de tintas e vernizes.

Contudo, devido ao odor característico, não é indicado a utilização da espécie para utensílios domésticos e para brinquedos que pode causar alteração de sabor e odor dos alimentos.

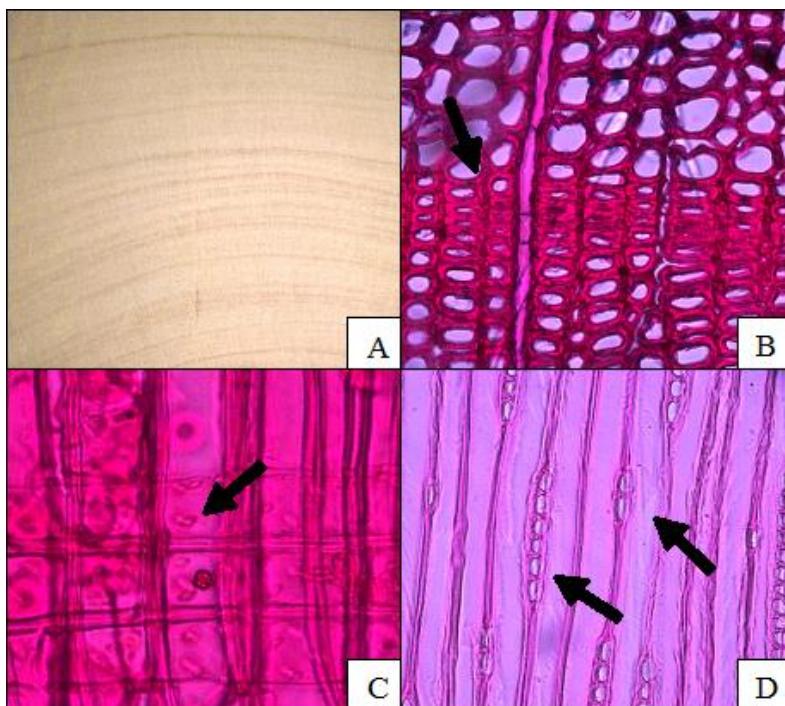
A grã da madeira de *C. lusitanica*, como a maioria das espécies de coníferas, apresenta grã direita, possivelmente não causando problemas acentuados durante o desdobro, processamento, e excessivas deformações durante o processo de secagem, entretanto, a grã reta e os anéis de crescimento pouco distintos conferem pouca atratividade visual à madeira da espécie.

Para a análise microscópica da madeira de *C. lusitanica*, o plano transversal apresenta anel de crescimento distinto, com traqueoides axiais com seção diferenciada entre lenho inicial e tardio, com seção prismática no lenho inicial e seção retangular

e parede espessa (destaque) no lenho tardio além de pouco parênquima axial difuso (Figura 20B).

No plano longitudinal radial é possível destacar os raios do campo de cruzamento (destaque), uni ou bisseriados com frequência de 4 a 8 raios por mm linear e pontoações do tipo cupressóide (Figura 20C). Enquanto no plano longitudinal tangencial é possível observar os raios com 2 a 26 células por raio em destaque (Figura 20D).

Figura 20 - Foto macroscópica e fotomicroscopia da madeira de *Cupressus lusitanica*.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: Fotografia A: seção transversal; e microfotografias B: plano transversal; C: plano tangencial; D: plano radial.

Os valores médios obtidos por meio do macerado para as dimensões dos traqueoides da madeira do *C. lusitanica* estão apresentados na Tabela 4, assim como os valores máximos e mínimos para as três posições analisadas (medula, intermediário e casca).

Tabela 4 - Valores médios para as características morfológicas dos traqueoides da madeira de *Cupressus lusitanica* no sentido medula-casca.

Seção	Parâmetro	L (mm)	d (μm)	E (μm)
Medula	Média	5,30 c	31,55 b	13,94 b
	Mínimo	3,40	13,60	6,80
	Máximo	8,70	57,80	23,80
	CV (%)	19,21	24,28	22,41
Intermediária	Média	5,90 b	34,32 a	14,06 ab
	Mínimo	3,30	13,60	6,80
	Máximo	8,70	68,00	30,60
	CV (%)	19,86	26,49	25,04
Casca	Média	6,31 a	32,87 ab	14,79 a
	Mínimo	3,80	17,00	6,80
	Máximo	8,90	51,00	23,80
	CV (%)	17,49	20,76	20,19

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: L: Comprimento do traqueoide, d: diâmetro de lume, E: espessura de parede, CV: coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Na análise das características morfológicas dos traqueoides (Tabela 4), foi observado que estatisticamente houve um incremento dos valores médios no sentido medula casca para todas as dimensões analisadas, com exceção para o diâmetro do lume que apresentou o maior valor na seção intermediária.

Entretanto, verifica-se que, estatisticamente, somente o comprimento do traqueoide (L) apresentou valores distintos para as três posições do disco. Para o diâmetro do lume (d) a posição próxima à casca foi equivalente as outras duas seções. Por fim, para a espessura de parede (E), verificou-se que as posições intermediária e próximo à casca foram equivalentes estatisticamente com valores de 14,06 μm e 14,79 μm , respectivamente. Contudo a posição intermediária também foi equivalente à posição medula.

Os resultados obtidos confirmam a afirmação de Nicholls e Waring (1977), onde descrevem que os elementos celulares são totalmente influenciados pela posição no fuste, assim como pela idade, massa específica do povoamento, sítio, localização geográfica e práticas silviculturais, além de serem considerados também os fatores genéticos.

O mesmo comportamento observado para o *C. lusitanica* é descrito para diversas espécies como *E. grandis*, *E. saligna* (TOMAZELLO FILHO, 1985), *Cariniana legalis* (LIMA et al. (2011), *P. elliottii* (MELO et al. 2013), onde destacam que as características da madeira apresentaram variação devido à procedência e a posição radial. Havendo aumento significativo em comprimento de fibras e espessura de parede e consequente aumento na massa específica básica da madeira ao longo do sentido medula-casca.

Em termos gerais, pode-se assumir que as características anatômicas como a espessura da parede e diâmetro do lume influenciam diretamente a penetração do adesivo na madeira

(LIMA et al., 2007; RUY, 1998), onde, células com paredes espessas podem prejudicar ou facilitar a ligação dependendo do tipo de adesivo utilizado.

O valor médio de comprimento do traqueoide entre as 3 seções de 5,85 mm foi superior ao encontrado por Pereira e Higa (2003) para árvores de *C. lusitanica* com 56 anos (2,9 mm), por Pereira et al. (2003) para *C. japonica* com 22 anos (2,21 mm), por Carneiro et al. (2009) pra *C. japonica* com 14 anos (2,15 mm), por Shimoyama e Wiecheteck (1993) para *P. tecunumanii* com 12 anos (4,56 mm), por Castelo et al. (2008) para *P. taeda* com 18 anos (3,03 mm) e por Trianoski (2012) para 7 espécies de *Pinus* tropicais com 17 e 18 anos de idade: *P. caribaea* var. *bahamensis* (3,26 mm), *P. caribaea* var. *caribaea* (3,15 mm), *P. caribaea* var. *hondurensis* (3,17 mm), *P. chiapensis* (2,98 mm), *P. maximinoi* (3,02 mm), *P. oocarpa* (3,19 mm) e *P. tecunumanii* (2,90 mm). Semelhante apenas ao comprimento de traqueoide de *A. angustifolia* com 38 anos, (5,84 mm), o qual foi obtido por Mattos et al. (2006).

Para o diâmetro de lume (d), foram obtidos valores médios entre as seções de 32,92 μm , os quais foram superiores aos encontrados por Pereira e Higa (2003) para *C. lusitanica* com 56 anos (d: 22,4), por Pereira et al. (2003) para *C. japonica* com 22 anos (d: 19,2), por Carneiro et al. (2009), para *C. japonica* com 14 anos (d: 18,6 μm) e também para *Pinus* sp. (d: 22,62) por Bianche (2014).

Entretanto foram inferiores aos observados para *P. tecunumanii* por Shimoyama e Wiecheteck (1993), d: 34,90 μm , por Castelo et al. (2008) para *P. taeda*, d: 35,11 μm , por Barrichelo (1984) para *P. elliottii* com 12 anos, d: 28,20 μm , e por Mattos et al. (2006) para *A. angustifolia*, d 47,65 μm .

A espessura de parede de *C. lusitanica* apresentou valor médio entre as seções de 14,26 μm , o qual pode ser considerado alto quando comparado com outros autores como 5,90 μm

encontrado por Pereira e Higa (2003) para a mesma espécie, 5,50 µm encontrado por Pereira et al. (2003) para *C. japonica* cultivada no Sul do Brasil, 7,30 µm encontrado por Mattos et al. (2006) para *A. angustifolia*, 10,00 µm determinado por Shimoyama e Wiecheteck (1993) para *P. tecunumanii*, 9,33 µm determinado por Castelo et al. (2008) para *P. taeda*, 8,80 µm encontrado para *P. elliottii* por Barrichelo (1984) e para as espécies de *Pinus* tropicais estudadas por Trianoski (2012).

A elevada espessura de parede e redução da porosidade da madeira ao longo do sentido medula-casca observada no presente estudo pode interferir negativamente na colagem da madeira, em especial quando utilizado o adesivo PVA, devido principalmente à dificuldade de penetração do adesivo por lumes estreitos proporcionando ancoragem microscópica insuficiente entre madeira e adesivo (FOLLRICH et al., 2010).

4.2 ANÁLISE QUÍMICA

Na Tabela 5 estão apesentados os valores obtidos das análises químicas da madeira de *C. lusitanica*, juntamente com seus respectivos valores máximos e mínimos. Os coeficientes de variação observados nas análises são considerados em sua maioria como baixos, com exceção da análise de solubilidade em água quente e extractivos totais que pode ser considerado como médios, segundo Pimentel Gomes (2000) que considera como baixos, quando os limites de coeficiente de variação são inferiores a 10%, médios quando variam de 10 a 20%, altos quando estão entre 20 e 30%, e muito altos quando são superiores a 30%.

Tabela 5 - Valores médios para as propriedades químicas da madeira de *Cupressus lusitanica*.

Teores	AF (%)	AQ (%)	NaOH (%)	ET (%)	T (%)	A (%)	L (%)	H (%)
Média	1,14	1,26	18,82	1,99	4,08	0,51	36,21	59,19
Mínimo	1,13	1,05	18,38	1,88	3,56	0,52	34,25	56,73
Máximo	1,15	1,65	19,74	2,16	4,73	0,59	39,19	60,97
CV (%)	0,83	21,05	6,44	6,44	12,71	13,65	6,21	3,06

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: AF: teor de extractivos em água fria, AQ: teor de extractivos em água quente, NaOH: grau de ataque em hidróxido de sódio, ET: teores de extractivos em etanol tolueno, T: extractivos totais, A: cinzas, L: lignina, H: holocelulose e CV: coeficiente de variação.

Os baixos valores médios encontrados para solubilidade em água fria (1,14%) indicam que a madeira de *C. lusitanica* possui baixa quantidade de gomas, taninos, açucares e corantes, o que é positivo para processos de colagem e acabamento como aplicação de tintas e vernizes. Este fato, segundo Trianoski (2012), é devido à grande parte dos produtos ser formulado a base de água, podendo em casos de média a alta quantidade, provocar manchas no produto final quando não ocorrer a secagem adequada durante o intervalo de tempo entre o beneficiamento da madeira e o acabamento do produto.

Comparando com outros autores, observa-se que o valor médio encontrado foi inferior ao encontrado por Trianoski (2012) para 7 espécies de *Pinus* tropicais, os quais apresentaram intervalo entre 2,40% (*P. tecunumanii*) e 3,63% (*P. oocarpa*) 3,51% (*P. chiapensis*) e 5,14% (*P. oocarpa*) para água fria.

Assim como para Prata (2010) para 5 espécies de pinus tropicais com 18 anos tanto para solubilidade em água fria como

em água quente, *P. oocarpa*: 3,83% e 4,83%, *P. maximinoi*: 2,00% e 2,71%, *P. caribaea hondurensis*: 2,50% e 3,70%, *P. tecunumanii*: 2,16 e 4,33%, *P. chiapensis*: 2,77% e 4,17%, e a testemunha *P. taeda*: 1,37% e 1,79%, respectivamente.

Já quando comparado ao estudo de Gorski (2014) com *Pinus* spp. sem idade definida, observa-se que os valores médios encontrados foram superiores, tendo em vista que a autora encontrou 0,52% para solubilidade em água fria e 1,28% para solubilidade em água quente.

Para solubilidade em hidróxido de sódio, que segundo Brand e Muniz (2012) indica geralmente o grau de degradação da madeira causada por fungos ou degradação por calor, luz, e oxidação, observa-se que o valor médio de 18,82% foi considerado elevado quando comparado com outras coníferas tradicionalmente utilizadas no setor de base florestal como o *P. taeda* (14,24%), mencionado por Muniz (2012), o mix de *P. taeda* e *P. elliottii* (5,57%) encontrado por Gorski (2014), o *P. taeda* (8,90%) determinado por Mendes (2001), o *P. taeda* (9,24%) encontrado por Prata (2010) e o intervalo de 8,40 % a 10,60% apresentado pelo IPT (1988) para *P. elliottii* plantado em São Paulo, *P. elliottii* plantado nos Estados Unidos e *A. angustifolia*.

No entanto, o alto valor de solubilidade em NaOH encontrado no presente estudo quando comparado com outros trabalhos, não indica de maneira segura se a madeira está degradada ou tem tendência a degradar, necessitando portanto de outras análises para verificar tal situação, tanto que Okino et al. (2010) destacam que a madeira de *Cupressus* sp. pode ser considerada como “altamente resistente” ao fungo de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum*, e ao fungo de podridão branca *Trametes versicolor*.

Da mesma forma, Mohareb et al. (2010) demonstram que a redução mais pronunciada da durabilidade natural da madeira

de *C. lusitanica* é devida principalmente à volatilização dos compostos diterpenicos da madeira como o cedrol e outros compostos. Compostos estes, facilmente removidos através da ação de elevadas temperaturas e solventes orgânicos como etanol.

A análise em etanol tolueno que solubiliza ceras, gorduras, resina e óleos apresentou um baixo valor médio (1,99%) quando comparado com outras espécies de coníferas, tendo em vista que Prata (2010) determinou porcentagem de 2,86% para *P. taeda* com 18 anos, Moraes et al. (2005) encontrou 4,38% para *P. oocarpa* com 8 anos e Gorski (2014) encontrou 4,22% para mix de *P. taeda* e *P. elliottii* com idade indefinida. O teor de extractivos totais apresentou média de 4,08% e segundo Klock et al. (2005), está abaixo do intervalo de 5 a 8% geralmente encontrado para coníferas.

Pereira e Higa (2003) obtiveram valor superior ao observado no estudo, de 7,3% para extractivos totais em plantios de *C. lusitanica* com 56 anos de idade, enquanto que Okino et al. (2010) encontraram para árvores de *C. lusitanica* de 20 a 30 anos, valor semelhante ao obtido no presente estudo para extractivos totais (4,1%).

No entanto quando comparado com outras coníferas cultivadas no Estado de Santa Catarina os teores de extractivos totais de *C. lusitanica* mostrou-se superiores aos obtidos em *A. angustifolia* (3,8%) por Mattos et al. (2006) e inferiores a *C. japonica* de (4,9%), *P. elliottii* de (4,98%) (PEREIRA et al., 2003) e *P. taeda* (3,34%) (TRIANOSKI, 2012).

De forma contrária, a madeira de *C. lusitanica* apresentou teor de extractivos totais inferior ao obtido por Gorski (2014) em mix de *Pinus* spp. (9,40%).

Portanto, como as espécies utilizadas para a produção de painéis de madeira necessitam ter baixos teores de extractivos em sua constituição, o *C. lusitanica* apresenta porcentagens mais

adequadas quando comparados às espécies já utilizadas do gênero *Pinus* pelo setor de base florestal.

A proporção de material inorgânico nesse estudo é demonstrado por meio do teor de cinzas, no qual a madeira de *C. lusitanica* apresentou valor médio de 0,51%, os quais são próximos aos comumente encontrados para madeira de coníferas. Aló et al. (2011) determinaram o teor de cinzas para a madeira de *Pinus* sp. de 0,62%, enquanto Souza et al. (2012) obteve 0,45% para *P. taeda* e Gorski (2014) obteve 0,67% para *Pinus* spp.

Os elevados teores de materiais inorgânicos como cálcio e sílica conferem dificuldade ao ataque de agentes xilófagos como cupins e térmicas, como descreve Melo et al. (2010), onde o incremento acima de 40% de massa de material com alto teor de compostos inorgânicos como a casca de arroz, em painéis reconstituídos de madeira proporcionou um elevado efeito abrasivo e, consequentemente, tornando o painel menos atrativo aos cupins e térmicas devido a maior dificuldade de ser mastigado.

Entretanto pelas cinzas se constituírem principalmente de sílica, um material preponderantemente inerte, não existem indícios da interação ou influência negativa ao processo de colagem da madeira de *C. lusitanica* e aos adesivos utilizados.

Para teor de lignina, a madeira de *C. lusitanica* apresentou elevado valor médio de 36,21%, quando comparado aos estudos de Okino et al. (2010) que encontrou 33,5% para madeira de *C. lusitanica* com 20 anos, corroborando com Foelkel e Zvinakevicius (1975) e Pereira e Higa (2003) que determinaram valores de lignina de 33,53% e 29,9% respectivamente.

O teor de lignina observado no presente estudo também apresentou valores superiores aos da *C. japonica*, 32,7% (PEREIRA et al., 2003), *A. angustifolia*, 27,8% (MATTOS et

al., 2006), *P. elliottii*, 27,23% (PEREIRA; HIGA, 2003) e mix de *Pinus* spp., 32,35% (GORSKI, 2014).

O elevado percentual de lignina encontrado na madeira de *C. lusitanica* pode ser benéfico para a produção de painéis de madeira, pois ao contrário do teor de extractivos, a presença de lignina pode agir no sentido de contribuir para a colagem, atuando como “agente cimentante” entre as fibras (DEL MENEZZI, 2004).

A holocelulose é o constituinte com maior proporção na madeira de *C. lusitanica* totalizando 59,19%. No entanto o conteúdo de holocelulose obtido para *C. lusitanica* foi inferior ao esperado para a espécie e também quando comparados a outras espécies de coníferas.

Okino et al. (2010) citam que para a mesma espécie com idade semelhante foi observado valores de 71,8% de holocelulose, corroborando com Foelkel e Zvinakevicius (1975), no qual obtiveram valores de 71,6% de holocelulose, assim como para Pereira e Higa (2003) utilizando de madeira de *C. lusitanica* com 56 anos de idade (62,6%).

Assim como aos obtidos em *P. elliottii* de 67,78% (PEREIRA; HIGA, 2003), 63,09% em mix de *Pinus* spp. (GORSKI, 2014), 65,6% em *C. japonica*, por Pereira et al. (2003) e de 68,4% de holocelulose em *A. angustifolia* (MATTOS et al. 2006).

4.3 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

Os valores médios obtidos para massa específica básica da madeira de *C. lusitanica* de 19 anos, estão apresentados na Tabela 6. A espécie apresentou massa específica básica média de 0,396 g/cm³, e segundo Araújo (2002), pode ser considerada como leve, pois está dentro do intervalo entre 0,370 a 0,530 g/cm³.

Tabela 6 - Valores médios de massa específica básica da madeira de *Cupressus lusitanica*.

Descriptivo	ME_{ab} (g/cm³)	ME_{0%} (g/cm³)	ME_{12%} (g/cm³)	ME_{Saturada} (g/cm³)
N	16	16	16	16
Média	0,396	0,442	0,475	0,829
Mínimo	0,307	0,341	0,234	0,615
Máximo	0,497	0,864	0,610	1,130
CV (%)	8,33	14,93	9,89	18,70

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: ME: massa específica; N: número de observações; CV: coeficiente de variação. Texto subscrito indica a condição de umidade da massa específica.

A madeira de *C. lusitanica* com 19 anos apresentou massa específica básica semelhante à madeira de *C. lusitanica* com 56 anos ($0,410 \text{ g/cm}^3$) obtido por Pereira e Higa (2003), porém menor que o resultado obtido por Okino et al. (2010) para *Cupressus* spp. de 20 anos ($0,520 \text{ g/cm}^3$). A espécie foi semelhante também ao *P. chiapensis* ($0,41 \text{ g/cm}^3$) e *P. taeda* ($0,485 \text{ g/cm}^3$), de 18 anos estudado por Trianoski et al. (2013b).

Em relação à outra conífera alternativa cultivada na região Sul do Brasil, tem-se a *C. japonica* que possui massa específica básica inferior à da madeira de *C. lusitanica* avaliada no presente estudo, com $0,310 \text{ g/cm}^3$ (CARNEIRO et al., 2009) e $0,385 \text{ g/cm}^3$ (COLODETTE, 1982).

A madeira de *C. lusitanica* apresentou ainda, massa específica básica inferior à da madeira de *A. angustifolia* ($0,430 \text{ g/cm}^3$) (MATTOS et al., 2006), *P. elliottii* ($0,584 \text{ g/cm}^3$) com 25 anos (PELOZZI, et al., 2012) e também para espécies tropicais de *Pinus* com 18 anos, como: *P. caribaea* var. *bahamensis* ($0,420 \text{ g/cm}^3$), *P. caribaea* var. *caribaea* ($0,440 \text{ g/cm}^3$) *P.*

caribaea var. *hondurensis* ($0,460 \text{ g/cm}^3$) e *P. maximinoi* ($0,480 \text{ g/cm}^3$) (TRIANOSKI et al., 2013b).

Trianoski (2012b) ressalta a importância da determinação da massa específica aparente a 12% para às indústrias madeireiras de produtos de alto valor agregado como: móveis, pisos, portas e molduras, onde as propriedades da madeira na umidade de equilíbrio de 12% são mais semelhantes à condição de uso final.

A madeira de *C. lusitanica* apresentou massa específica de $0,475 \text{ g/cm}^3$ quando contém 12% de umidade, semelhante ao obtido para *C. lusitanica* por Okino et al. (2010) que obteve resultados variando entre $0,440$ e $0,630 \text{ g/cm}^3$, *P. chiapensis* com $0,440 \text{ g/cm}^3$ *P. caribaea* var. *caribaea* ($0,433 \text{ g/cm}^3$) e *P. caribaea* var. *bahamensis* ($0,484 \text{ g/cm}^3$) (TRIANOSKI, 2008).

Ainda considerando a massa específica à 12% de umidade a madeira utilizada no estudo apresentou resultado inferior ao obtido para *Pinus* spp. ($0,515 \text{ g/cm}^3$) (TSOUMIS, 1991), *P. taeda* ($0,516 \text{ g/cm}^3$), outras 3 espécies de pinus tropicais obtidos por Trianoski (2008), entre eles, o *P. caribaea* var. *hondurensis* ($0,500 \text{ g/cm}^3$), *P. maximinoi* ($0,530 \text{ g/cm}^3$), *P. oocarpa* ($0,540 \text{ g/cm}^3$) e *P. tecunumanii* ($0,561 \text{ g/cm}^3$).

A influência do teor de umidade na massa específica da madeira é de grande importância para a utilização da espécie na indústria moveleira, onde, madeiras com baixa massa específica, como *C. lusitanica*, comumente apresentam características de baixa resistência e a propensão de uma contração mais acentuada, da mesma forma que uma maior alteração dimensional devida às mudanças em seu teor de umidade causarão o aumento das tensões exercidas na linha de colagem (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

Contudo, a baixa massa específica da madeira é um dos principais requisitos quanto a adequabilidade de uma espécie para produção de painéis de madeira (IWAKIRI, 2001), haja

vista que, em relação à quantidade de espaços vazios em função da massa específica, quanto maior a massa específica, mais espessa as paredes das células e por consequência menor a quantidade de espaços vazios na madeira. Concluiu-se então que a penetração do adesivo será maior em madeiras de baixa massa específica do que em madeiras com alta massa específica (MARRA, 1992).

Para a variação dos valores de massa específica nos diferentes pontos de umidade (0%, 12% e saturado), nota-se por meio da Tabela 5, um grande incremento entre 12% ($0,475 \text{ g/cm}^3$) e o estado de saturação ($0,829 \text{ g/cm}^3$), o que pode ser considerado normal, principalmente em uma espécie considerada leve, ou seja, com elevada porosidade.

A variação obtida no presente estudo para massa específica entre o estado seco (12%) e saturado corroboram com Okino et al. (2010) utilizando árvores da mesma espécie com 20 a 30 anos, onde para a condição seca a madeira apresentou massa específica entre $0,440$ e $0,630 \text{ g/cm}^3$, enquanto na condição saturada as médias obtidas foram $0,820$ a $0,930 \text{ g/cm}^3$.

Aumento semelhante foi observado por Trianoski (2008), para a massa específica aparente entre 12% de umidade ao estado saturado para *P. taeda* e outras 7 espécies de pinus tropicais, onde para *P. taeda* à 12% de umidade obteve $0,516 \text{ g/cm}^3$ e no estado saturado o valor obtido elevou-se para $0,931 \text{ g/cm}^3$, assim como para *P. caribaea* var. *bahamensis* ($0,484$ para $0,869 \text{ g/cm}^3$), *P. caribaea* var. *caribaea* ($0,433$ para $0,838 \text{ g/cm}^3$) *P. caribaea* var. *hondurensis* ($0,500$ para $0,850 \text{ g/cm}^3$), *P. maximinoi* ($0,530$ para $0,838 \text{ g/cm}^3$), *P. oocarpa* ($0,540$ para $0,839 \text{ g/cm}^3$) e *P. tecunumanii* ($0,561$ para $0,829 \text{ g/cm}^3$), respectivamente.

Já para a espécie *P. chiapensis*, a autora não observou aumento de massa específica no estado saturado ($0,440$ para $0,692 \text{ g/cm}^3$) de forma tão expressiva quanto os demais.

Kollmann e Coté (1968), citam que o aumento da massa específica em relação ao incremento de umidade é pequeno até o ponto de saturação das fibras, contudo, a maior amplitude se dá a partir deste ponto até atingir o estado saturado.

Tsoumis (1991) observou o aumento da massa específica da madeira de *Pinus spp.* com o aumento do teor de umidade, onde, a massa específica à 0% de umidade apresentou valor de 0,490 g/cm³, 0,515 g/cm³ (10%), 0,537 g/cm³ (20%), 0,643 g/cm³ (50%) e 0,858 g/cm³ (100%).

Os diferentes valores de massa específica obtidos para a madeira de *C. lusitanica* em relação às demais espécies de coníferas, pode ser justificado devido à variabilidade decorrente das diferenças estruturais, que se resume no arranjo dos tecidos e nas dimensões dos elementos celulares, e também dos elementos constituintes da madeira.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios obtidos para as propriedades de retratibilidade tangencial, radial, longitudinal, volumétrica e para a anisotropia de contração, nos quais se verifica por meio do coeficiente de variação uma amplitude média (entre 10 e 20%) a alta (entre 20 a 30%) dos resultados, principalmente para retratibilidade longitudinal e anisotropia de contração.

Tabela 7 - Coeficientes de retratibilidade lineares e volumétrico da madeira de *Cupressus lusitanica*.

Descriptivo	β_t (%)	β_r (%)	β_l (%)	β_v (%)	Ac
N	54	54	54	54	54
Média	6,003	3,435	0,306	10,54	1,539
Mínimo	3,860	1,380	0,03	6,56	1,430
Máximo	8,370	6,600	1,48	15,15	2,160
CV (%)	15,67	28,12	85,29	12,54	23,16

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: β_t : coeficiente de retratibilidade tangencial; β_r : coeficiente de retratibilidade radial; β_l : coeficiente de retratibilidade longitudinal; β_v : coeficiente de retratibilidade volumétrica; Ac: coeficiente de anisotropia; N: número de observações; CV: coeficiente de variação.

Os resultados obtidos para retratibilidade corroboram com os intervalos de variação descritos por Tsoumis (1991) e Zerbini (1998) para madeiras consideradas como *softwood*, onde, os valores médios estão contidos entre 4,4% a 9,1% para contração tangencial, de 2,1% a 5,1% para radial e de 6,8% a 14% para a volumétrica.

Corroborando com Moreira (1999) onde afirma que as maiores alterações dimensionais da madeira ocorrem no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguido pela dimensão radial, e no sentido longitudinal. Comportamento, este, observado para a madeira de *C. lusitanica*.

De acordo com Tomaselli e Klitzke (2001), a madeira de *C. lusitanica* pode ser considerada como de baixa anisotropia de contração (1,60 – 1,85), o que permite direcionar a madeira para o uso em movelearia geral (estantes, mesas, armários...), ou seja, usos que permitam apenas pequenas deformações causadas por empenamentos.

Os valores observados para a retratibilidade tangencial, foram ligeiramente superiores aos observados por Pereira e Higa

(2003) para a madeira da mesma espécie com 56 anos (5,6%). Comparado ao obtido por Okino et al. (2010) para *Cupressus* spp., as médias de retratibilidade tangencial e volumétrica mostraram-se semelhantes com médias de 5,5%, e 9,21%, respectivamente.

Para contração radial e longitudinal, os valores obtidos no presente estudo são inferiores aos 3,5% e 0,5% obtidos por Pereira e Higa (2003) e 3,6% para contração radial por Okino et al. (2010). Foi observado também um reduzido coeficiente de anisotropia do material em estudo, semelhante ao obtido por Pereira e Higa (2003) de 1,6 e por Okino et al. (2010) de 1,5.

Quando comparado aos resultados obtidos por Trianoski et al. (2013b), em que os autores descrevem 7 espécies de *Pinus* tropicais, o *C. lusitanica*, apresentou retratibilidade tangencial semelhante às espécies de *P. caribaea* var. *bahamensis* (6,12%) e *P. caribaea* var. *caribaea* (6,01%). Enquanto para *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. chiapensis* a espécie em estudo apresentou valor superior ao obtido pelos autores, de 5,74 e 5,77%, respectivamente.

Entretanto, a madeira de *C. lusitanica*, apresentou contração radial superior a todas as espécies de *Pinus* estudadas por Trianoski et al. (2013b). Onde também demonstrou coeficiente de anisotropia inferior às 7 espécies de *Pinus* tropicais citadas por Trianoski et al. (2013b).

Segundo Cardoso et al. (2013), é necessário considerar a estabilidade dimensional de cada madeira como fundamental para adequar os usos dos produtos madeiráveis. Podendo assim afirmar que a madeira de *C. lusitanica* apresenta alta estabilidade dimensional, não sofrendo alterações significativas em suas dimensões mesmo com a secagem.

4.4 AVALIAÇÃO DAS JUNTAS COLADAS DE *Cupressus lusitanica*

4.4.1 Flexão estática

O ensaio de flexão estática realizado para as junções coladas da madeira de *C. lusitanica* apresentou tendência numérica dos valores dos tratamentos com *finger-joint* serem superiores aos com junção plana, independente dos pré-tratamentos aplicados, como demonstra a Tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios para módulo de ruptura (MOR) à flexão.

Tratamento	MOR (MPa)							
	P1	FM	P2	FM	P3	FM	P4	FM
1 PVA 180 Plana	6,0 d (32,92%)	1 (1 - 1)	0,00 c (0,00%)	1 (1 - 1)	5,03 c (38,75%)	1 (1 - 1)	5,34 cd (46,15%)	1 (1 - 1)
2 PVA 200 Plana	3,92 d (33,06%)	1 (1 - 1)	0,00 c (0,00%)	1 (1 - 1)	8,84 c (32,80%)	1 (1 - 1)	4,08 d (42,97%)	1 (1 - 1)
3 PVA 180 Finger	14,50 bc (21,37%)	1 (1 - 2)	9,17 b (24,19%)	1 (1 - 3)	16,98 ab (23,39%)	1 (1-5)	9,16 c (36,58%)	1 (1 - 3)
4 PVA 200 Finger	15,43 ab (15,89%)	1 (1 - 2)	11,41 ab (24,51%)	1 (1 - 2)	19,30 ab (21,85%)	1 (1 - 1)	8,11 cd (33,54%)	1 (1-5)
5 EPI 180 Plana	8,37 cd (27,50%)	1 (1 - 1)	10,63 ab (32,88%)	1 (1 - 1)	12,78 bc (30,61%)	1 (1 - 1)	11,03 bc (25,94%)	1 (1 - 1)
6 EPI 200 Plana	7,08 cd (22,98%)	1 (1 - 1)	7,74 b (29,18%)	1 (1 - 2)	10,99 bc (29,50%)	1 (1 - 1)	8,53 cd (28,48%)	1 (1 - 1)
7 EPI 180 Finger	22,11 a (11,15%)	3	20,43 a (24,01%)	3 (1 - 5)	22,92 a (24,36%)	3 (1 - 5)	20,57 ab (29,57%)	2 (1 - 5)
8 EPI 200 Finger	17,45 ab (17,55%)	2	21,14 a (27,45%)	3 (1 - 5)	23,50 a (10,92%)	2 (1 - 5)	20,85 a (18,99%)	2 (1 - 4)

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: P1: pré-tratamento seco, P2: pré-tratamento úmido, P3: pré-tratamento alta temperatura e P4: pré-tratamento elevada temperatura e umidade; Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação (CV); FM: média de falha na madeira valores mínimos e máximos obtidos em parênteses; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Friedman ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando os valores médios para a condição seca (P1), o tratamento que apresentou maior módulo de ruptura foi o T7 (EPI, 180, *finger*) com 22,11 MPa de resistência, o qual foi equivalente estatisticamente do T8 (EPI, 200, *finger*) e ao T4 (PVA, 200, *finger*), enquanto todos os tratamentos com junção plana apresentaram resultados com menor desempenhos. Em relação à norma de referência, ASTM D5572 (2005), que define como resistência mínima 13,8 MPa, verifica-se que somente os tratamentos com junção *finger-joint* (T3, T4, T7 e T8), independente do adesivo e da gramatura utilizados, foram os únicos a atingir o parâmetro mencionado.

Contudo, apenas os tratamentos T7 e T8 atenderam ao requisito da norma quanto ao percentual de falha na madeira (FM), apresentando valores superiores à 60%, com médias 3 e 2, respectivamente.

Assim, os resultados obtidos corroboram Follrich et al. (2010), que descreve que o aumento na área superficial (plana para *finger*) a interação entre adesivo e madeira proporciona uma maior resistência da junção.

Considerando os tratamentos com junção do tipo plana, nenhum atendeu a norma ASTM D5572 (ASTM 2005) e os fatores adesivo e gramatura não causaram influência suficiente para gerar diferença estatística entre estes.

Comparativamente, os resultados obtidos as junções *finger-joint* de *C. lusitanica* utilizando adesivo PVA, apresentaram resultados inferiores aos obtidos para cinco espécies de *Pinus* obtido por Prata (2010). Contudo, acredita-se que a inferioridade dos valores observados para o *C. lusitanica* em relação ao trabalho de Prata (2010), é devido principalmente à maior geometria dos dentre *finger-joint* utilizada pelo autor.

Os valores do presente estudo também foram inferiores ao reportado por Vrazil e Sellers (2004) que encontrou para MOR no ensaio de flexão estática 74,09 MPa para madeira de

Pinus spp. e 68,42 MPa para madeira de *Pseudotsuga menziesii*, no entanto, neste estudo foi utilizado adesivo poliuretano e comprimento das junções *finger-joint* com 15 mm, o que explica o ótimo desempenho das amostras da colagem.

Na avaliação dos resultados após a aplicação do pré-tratamento úmido (P2), fica evidenciado a redução dos valores de MOR para os tratamentos compostos com adesivo PVA em relação à condição seca. Comportamento semelhante também foi observado por Clauß et al. (2011), com destaque para os tratamentos constituídos por junções planas.

Sobre a superioridade dos tratamentos, verifica-se novamente que os melhores foram o T7 (EPI, 180, *finger*), T8 (EPI, 200, *finger*) e o T4 (PVA, 200, *finger*), sendo estes, os únicos a atingirem o requisito de falha na madeira. Já os piores tratamentos foram o T1 e T2 que não chegaram a ser testados em função de descolarem durante a aplicação do pré-tratamento, comportamento devido à solubilização do adesivo PVA em ambiente aquoso. Entretanto, ressalta-se que somente os tratamentos T1 e T2 não atenderam o requisito especificado na ASTM D5572 (2005) (6,9MPa). No entanto os maiores valores obtidos neste estudo, foram inferiores aos obtidos por Prata (2010).

Os valores médios encontrados após a aplicação do pré-tratamento 3 (P3) demonstram mais uma vez a superioridade e equivalência estatística dos tratamentos T8 (EPI, 200, *finger*), T7 (EPI, 180, *finger*), T4 (PVA, 200, *finger*) e também do T3 (PVA, 180, *finger*), de modo que somente os quatro tratamentos atendem ao especificado pela norma (13,8 MPa), não havendo requisito mínimo de falha na madeira para esta condição.

Todos os tratamentos compostos pelas junções planas, independente do adesivo e da gramatura foram equivalentes estatisticamente e apresentaram resultados pouco expressivos para o ensaio realizado.

O comportamento dos tratamentos T1 (PVA, 180, plana) e T2 (PVA, 200, plana), corrobora a afirmação de Clauß et al. (2011), na qual, descreve que o adesivo PVA apresenta proeminente degradação térmica a partir de 50°C e tem suas propriedades adesivas seriamente comprometidas, inviabilizando a utilização como elemento ligante entre peças de madeira colada. Os autores destacam também, que a partir da referida temperatura, o percentual de falha na madeira reduz para aproximadamente 0%, devido ao comportamento termoplástico do adesivo.

Entretanto para os tratamentos compostos por adesivo PVA e junções *finger-joint* (T3 e T4) não foi observado tal comportamento, onde, o pré-tratamento P3 apresentou médias superiores às observadas para P1, que é considerada a condição de uso ideal. Este resultado pode ser devido ao curto período de exposição à elevada temperatura, a qual, pode promover a movimentação do adesivo e consequente melhor penetração na estrutura da madeira e resistência da junta colada.

Para o adesivo EPI, o presente estudo apresentou valores superiores ao observado para diferentes adesivos por Clauß et al. (2011), onde o adesivo EPI (10,82 MPa) apresentou resultados de resistência semelhantes aos adesivos PUR (10,86 MPa), MF (10,53 MPa), UF (11,48 MPa) e MUF (8,75 MPa), em temperatura de 100 °C.

A análise dos resultados com aplicação do pré-tratamento P4 corrobora a afirmação de Follrich et al. (2011), onde a degradação química da linha de cola e a forma como ocorre através da hidrólise pode ser devido às elevadas temperaturas em combinação com a umidade do ambiente. Sendo que a característica química do adesivo tem papel fundamental para a resistência ante a hidrólise associado à elevadas.

De forma que os tratamentos compostos por EPI foram superiores ao requisito de 6,9 MPa, descrito para a pior condição de teste (P2). Entre os tratamentos de PVA apenas se adequaram ao requisito os tratamentos T3 e T4, compostos por junções do tipo *finger-joint*.

4.4.2 Tração Paralela

Os valores médios encontrados no ensaios de tração paralela às fibras (Tabela 9) demonstrou que independente do pré-tratamento aplicado, os tratamentos T7 (EPI, 180, *finger*) e T8 (EPI, 200, *finger*) apresentaram os melhores resultados e foram estatisticamente iguais entre si.

A geometria dos corpos de prova utilizados para o ensaio de tração paralela possui uma menor largura quando comparado aos corpos de prova do ensaio de flexão estática, o que, reverte em uma menor área de contato entre madeira e adesivo e consequentemente maior exposição e degradação das linhas de cola à condição ambiental simulada pelos pré-tratamentos.

Independente do pré-tratamento, as juntas coladas com junção plana foram estatisticamente inferiores aos tratamentos análogos constituídos por junções do tipo *finger-joint*. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 9.

Tabela 9 - Valores médios para módulo de ruptura à tração paralela.

Tratamento	MOR (MPa)							
	P1	FM (%)	P2	FM (%)	P3	FM (%)	P4	FM (%)
1 PVA 180 Plana	3,03 d (29,29%)	1 (1 - 1) (0,00%)	0,00 c (0,00%)	1 (1 - 1) (37,35%)	2,67 e (32,13%)	1 (1 - 1) (37,35%)	2,73 e (36,89%)	1 (1 - 1)
2 PVA 200 Plana	4,70 d (26,42%)	1 (1 - 1) (0,00%)	0,00 c (0,00%)	1 (1 - 1) (32,13%)	4,50 de (21,71%)	1 (1 - 1) (32,14%)	3,42 de (29,46%)	1 (1 - 1)
3 PVA 180 Finger	9,04 bc (10,25%)	2 (1 - 5) (34,61%)	4,58 b (34,61%)	1 (1 - 2) (31,54%)	12,03 abc (21,71%)	2 (1-3) (26,95%)	8,90 bc (32,14%)	2 (1 - 4)
4 PVA 200 Finger	9,37 ab (16,65%)	2 (1 a 3) (32,67%)	4,04 bc (32,67%)	2 (1 - 2) (31,54%)	13,86 ab (28,19%)	2 (1 - 3) (28,19%)	12,01 ab (18,66%)	1 (1-5)
5 EPI 180 Plana	6,60 cd (17,68%)	1 (1 - 1) (35,22%)	6,75 b (33,28%)	1 (1 - 1) (33,28%)	8,43 cd (26,95%)	1 (1 - 1) (26,95%)	6,50 cde (33,88%)	1 (1 - 1)
6 EPI 200 Plana	6,88 cd (21,75%)	1 (1 - 1) (20,61%)	8,89 ab (20,61%)	1 (1 - 1) (19,02%)	10,55 bc (19,02%)	1 (1 - 1) (19,02%)	8,63 bcd (27,15%)	1 (1 - 1)
7 EPI 180 Finger	18,57 a (18,16%)	3 (1 - 3) (20,61%)	14,94 a (20,61%)	2 (1 - 3) (19,02%)	15,78 a (19,02%)	3 (1 - 6) (19,02%)	17,50 a (27,15%)	2 (1 - 3)
8 EPI 200 Finger	15,26 ab (20,24%)	2 (1 - 3) (20,19%)	13,24 a (20,19%)	2 (2 - 3) (22,98%)	12,59 abc (22,98%)	3 (2 - 4) (30,21%)	15,88 a (30,21%)	2 (1 - 3)

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: P1: Pré-tratamento seco; P2: Pré-tratamento úmido; P3: Pré-tratamento alta temperatura e P4: Pré-tratamento elevada temperatura e umidade; Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação (CV); FM: média de falha na madeira valores mínimos e máximos obtidos em parênteses; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Friedman ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios para tensão máxima na condição seca (P1) demonstram que somente os tratamentos compostos por junções do tipo *finger-joint* (T3, T4, T7 e T8) foram os únicos a atender ao requisito mínimo de 13,8 MPa para resistência e de percentual de falha na madeira (FM) apresentando medias superiores à 60% como determinado pela norma ASTM D5572 (2005).

Outro ponto a ser destacado é a ausência da diferença estatística entre as duas gramaturas, entre T1 e T2, entre T3 e

T4, entre T5 e T6 e entre T7 e T8. Este comportamento corrobora com Follrich et al. (2010), que descrevem que para o adesivo PVA, o aumento na gramatura de peças coladas de *Picea abies*, não demonstrou aumento significativo para a resistência ao teste de tração.

Assim, pode-se afirmar que o aumento da gramatura não representa necessariamente uma maior aderência à madeira, pois o adesivo PVA apresenta baixa permeabilidade entre a estrutura da parede celular, sendo acumulado na superfície da madeira. Esta característica mostra-se benéfica à peças coladas submetidas ao esforço de flexão, conferindo maior elasticidade à linha de cola auxiliando na distribuição uniforme das tensões, contudo, em esforços de tração a junção apresenta menor eficiência de colagem, principalmente pela menor ancoragem do adesivo na madeira (FOLLRICH et al., 2010; CLAUß et al., 2011).

Tratamentos produzidos com madeira de *C. lusitanica* na condição seca, independente da composição foram inferiores aos obtidos por Prata (2010) utilizando adesivo PVA em madeira de *P. taeda* (24,54 MPa) e outras 5 espécies de *Pinus* tropicais, para *P. chiapensis* (24,54 MPa), *P. caribaea* var. *hondurensis* (30,37 MPa), *P. maximinoi* (27,42 MPa), *P. oocarpa* (27,63 MPa) e *P. tecunumanii* (29,46 MPa). Contudo cabe ressaltar que a maior geometria de junção *finger-joint* utilizada pelo autor citado, confere maior resistência ao esforço de tração.

Para a condição úmida (P2) apenas os tratamentos T7 (EPI, 180, *finger*), T8 (EPI, 200, *finger*) e T6 (EPI, 200, plana) atenderam ao recomendado pela norma (6,9 MPa), já os demais tratamentos apresentaram acentuada redução da resistência causada pela degradação da linha de cola pela ação da água.

Contudo quando considerada o percentual de falha na madeira (FM) apenas os tratamentos T4, T7 e T8 atenderam os requisitos da norma.

Em estudo com espécies de *Pinus* tropicais Prata (2010), obteve valores muito superiores aos obtido no presente estudo, *P. taeda* (27,85 MPa), *P. chiapensis* (30,48 MPa), *P. caribaea* var. *hondurensis* (38,21 MPa), *P. maximinoi* (36,26 MPa), *P. oocarpa* (30,59 MPa) e *P. tecunumanii* (39,23 MPa).

A elevada discrepância observada entre os estudos pode ser proveniente da forma de realização da prensagem por Prata, onde o autor descreve que os corpos de prova foram unidos por um sistema de lento aperto manual, o que permite uma melhor acomodação do adesivo no lume das células e proporcionando maior resistência.

Os resultados obtidos para a junção de topo plana em condição de alta temperatura (P3) corroboram o comportamento apresentado para o ensaio de flexão estática e ao descrito por Clauß et al. (2011), onde descreve que o adesivo PVA apresenta degradação térmica a partir de 50°C.

As uniões planas além de apresentarem médias inferiores, também não atingiram o requisito descrito pela norma (6,9 MPa), podendo ser consideradas mais sensíveis à degradação térmica.

Contudo os ensaios demonstraram que para as uniões de topo do tipo *finger-joint*, não existem diferenças estatísticas suficientes para suportar tal afirmação. Os tratamentos T3 T4, T7 e T8, atenderam à norma ASTM D5572 (ASTM, 2005), contudo as médias obtidas foram inferiores às obtidas por Prata (2010) *P. taeda* (24,54 MPa), *P. chiapensis* (26,05 MPa), *P. caribaea* var. *hondurensis* (30,37 MPa), *P. maximinoi* (27,42 MPa), *P. oocarpa* (27,63 MPa) e *P. tecunumanii* (29,46 MPa). Além da forma de prensagem, a reduzida dimensão dos elementos da junção *finger-joint* podem ter contribuído para o resultado inferior nos ensaios avaliados.

O teste de tração realizado em condição de elevada temperatura e umidade (P4) foi comparado somente à norma

D5572 (ASTM, 2005), devido à falta de bibliografia para comparação. A referida norma descreve que os tratamentos devem apresentar resistência mínima de 5,2 MPa, requisito não atendido apenas nos tratamentos T1 (PVA, 180, plana) e T2 (PVA, 200, plana). Entre os demais tratamentos destacam-se como superiores os tratamentos T7 (17,50 MPa), T8 (15,88 MPa) e T4 (12,01 MPa), destacando o fator de composição, a junção do tipo *finger-joint* como o mais influente para a resistência à tração.

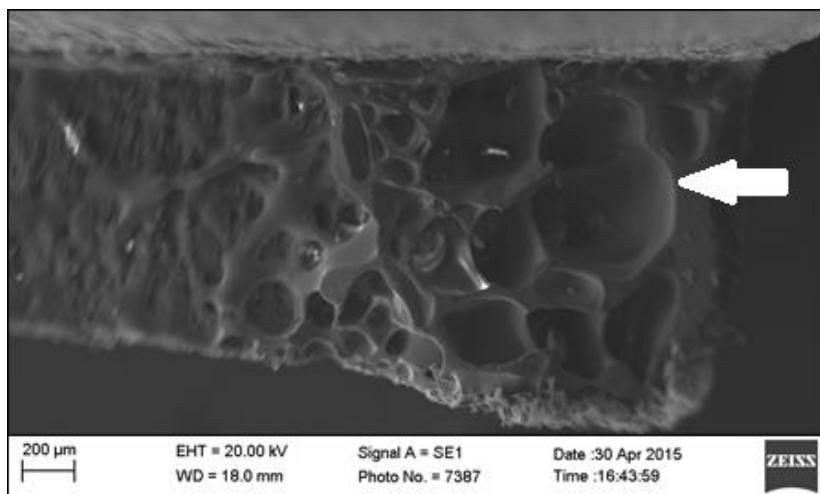
Para o tratamento T4 a influência da maior gramatura deve ser destacada, haja vista, que a maior quantidade de adesivo na interface madeira-adesivo permite uma maior ancoragem das peças coladas e consequentemente maior resistência às tensões aplicadas mesmo em condições não favoráveis ao tipo de adesivo utilizado.

4.4.3 Análise por MEV

Na análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) das junções *finger-joint* com adesivo PVA e gramatura de 200 g/m² (T4) na condição seca (Figura 21), é possível observar a estrutura cristalina do adesivo na superfície da junção (em destaque).

Na condição úmida (Figura 22), verifica-se que o pré-tratamento causou severa degradação através da hidrólise do polímero das junções coladas, comprometendo parcial ou totalmente a função de fixação. Este fato reforça os resultados de tração paralela às fibras para o adesivo PVA, os quais tiveram aproximadamente 50% da sua resistência reduzida pela aplicação da água como pré-tratamento.

Figura 21 - Microestrutura da junção *finger-joint*, 200 g/m² e adesivo PVA em condição seca.

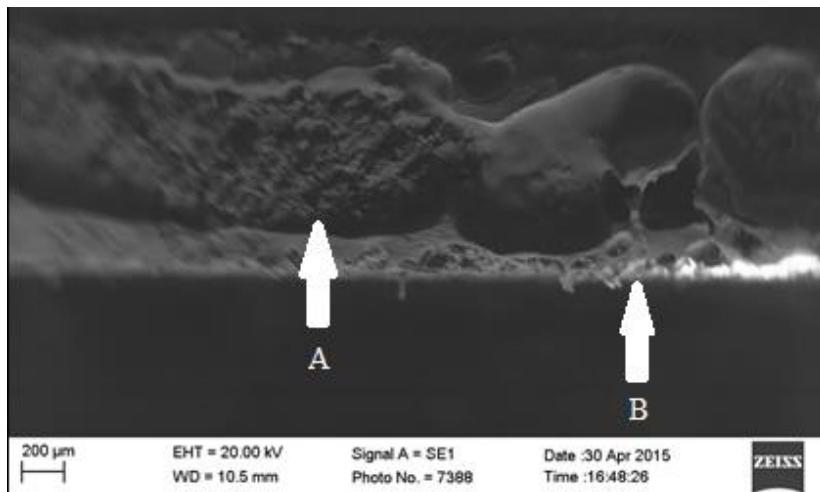


Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Cabe destacar que o adesivo PVA em condição úmida (Figura 22), as regiões com topografia mais suave, ou seja, as regiões mais planas (A) apresentaram elevada remoção do adesivo, enquanto, nas regiões mais rugosas dos dentes (B) foi observada uma maior manutenção do adesivo na madeira.

Comportamento semelhante ao observado por Follrich et al. (2010), onde, obtiveram maior resistência de colagem para amostras com superfícies mais rugosas de *P. abei*.

Figura 22 - Microestrutura da junção *finger-joint*, 200 g/m² e adesivo PVA em condição úmida.

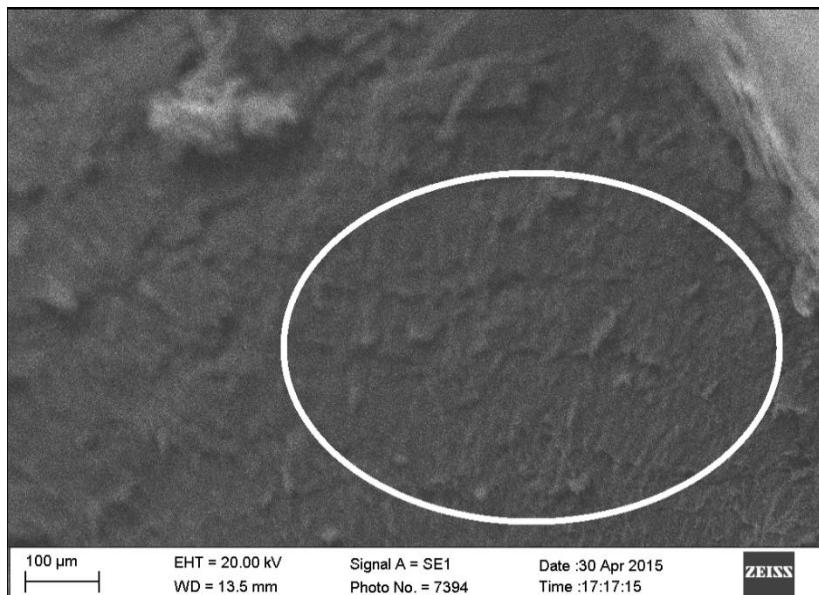


Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: A: região mais plana; B: região mais rugosa.

Na análise por MEV das junções *finger-joint* com adesivo EPI na gramatura de 200 g/m² (T7) não foi observado o mesmo comportamento que o adesivo PVA. Onde na condição seca (Figura 23), é possível observar que o adesivo EPI apresenta uma cobertura uniforme da superfície da madeira e com baixa porosidade.

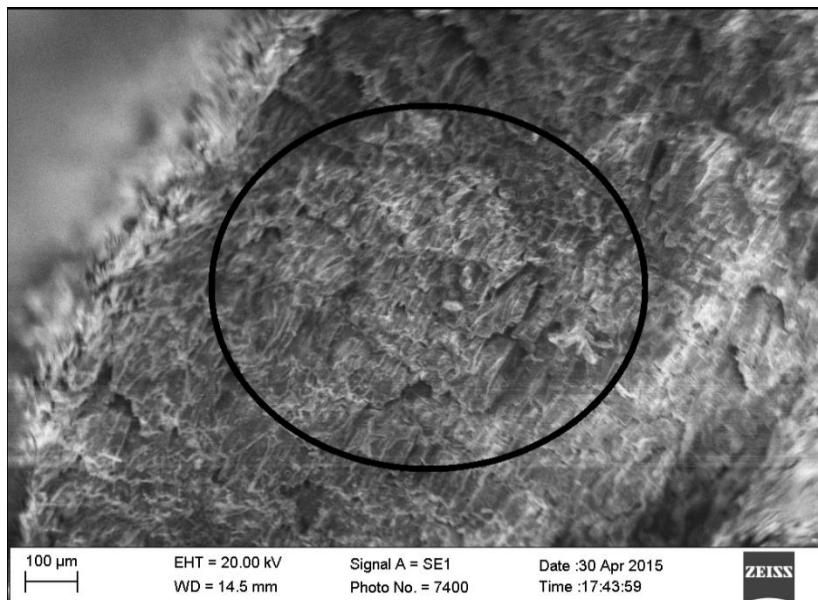
Figura 23 - Microestrutura da junção finger-joint, 200 g/m² e adesivo EPI, em condição seca.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Na condição úmida (Figura 24), verifica-se que não há severa degradação causada pelo pré-tratamento, havendo apenas uma leve alteração da camada superficial, tornando-a com um aspecto escamiforme, o que não influenciou a resistência das junções coladas no presente estudo.

Figura 24 - Microestrutura da junção finger-joint, 200 g/m² e adesivo EPI, em condição úmida.



Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

4.4.4 Cisalhamento na linha de cola

Na análise dos valores médios de tensão máxima, porcentagem de falha na madeira e 5º percentil inferior no ensaio de cisalhamento na linha de cola com e sem pré-tratamento (Tabela 10).

Os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos T3 e T4, ambos com adesivo EPI e gramaturas de 180 e 200 g/m².

Tabela 10 - Valores médios de tensão máxima no ensaio de cisalhamento na linha de cola.

Tratamento	Com pré-tratamento			Sem pré-tratamento		
	Tmáx (MPa)	FM (%)	5º P. (MPa)	Tmáx (MPa)	FM (%)	5º P. (MPa)
T1 180	0,37 c (37,90%)	0	0,21	9,69 b (14,68%)	97	6,85
T2 200	0,51 c (55,89%)	0	0,17	9,46 b (16,13%)	94	6,29
T3 180	5,53 a (16,45%)	77	3,58	10,65 a (18,40%)	31	5,56
T4 200	4,88 b (14,19%)	80	3,74	11,21 a (17,58%)	31	5,27

Fonte: Produção do próprio Autor, 2015.

Legenda: Tmáx: Tensão máxima de cisalhamento; FM: Percentual de falha na madeira; 5ºP: Quinto percentil inferior; Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação (CV). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Friedman ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios de tensão máxima e porcentagem de falhas na madeira com aplicação do pré-tratamento (24 horas em água a temperatura ambiente), somente os tratamentos T3 e T4 atenderam ao parâmetro mínimo da norma EN 13354 (2009) que estabelece tensão mínima de 2,5 MPa.

O fato do adesivo EPI não apresentar uma degradação tão acentuada em resistência quando comparado ao PVA pode ser explicado por Follrich et al. (2011), onde descreve que as junções laterais coladas com adesivo EPI apresentam redução mais pronunciada em resistência apenas partir de 24 ciclos semanais de envelhecimento acelerado em alta temperatura e umidade.

Ao mesmo tempo, nota-se que a maior resistência ($T_{máx}$) do adesivo EPI foi apresentada pela gramatura de 180 g/m², o que pode ser explicado pelo fato de que o adesivo EPI não se beneficia de linhas de cola espessas, reduzindo as reações de cura do adesivo, entre os grupos isocianatos com as hidroxilas da madeira (SELLERS JR., 1994), influenciando negativamente a resistência de colagem. Contudo, considerando o quinto percentil inferior (5ºP.) e o percentual de falha na madeira (FM) o melhor tratamento observado foi o T4 (EPI, 200 g/m²) contrariando o comportamento descrito anteriormente.

Ainda com relação aos resultados de porcentagem de falhas na madeira, verifica-se que os tratamentos T1 e T2, ambos com adesivo PVA, apresentaram porcentagem de 0 (zero), ou seja, 100% de falha na linha de cola, representando que nenhuma fibra foi arrancada nas faces coladas dos corpos-de-prova submetidos ao pré-tratamento. Esse fato pode ser explicado pela propriedade intrísica deste adesivo de se tornar reversível em presença de água.

Já para os tratamentos com adesivo EPI (T4 e T5), o percentual de falha na madeira pode ser considerado regular, indicando moderada resistência do adesivo e/ou deficiência do processo de colagem como qualidade de superfície, baixa gramatura em função da baixa massa específica da madeira, alta umidade da superfície a ser colada, entre outros.

Caso, a porcentagem de falhas encontrada fosse entre 50% e 70%, poderia ser considerada uma situação mais adequada de colagem e propriedades do adesivo e ainda se estivesse entre 75% e 100%, as propriedades de adesão seriam ainda mais fortes. Porém, cabe salientar que os tratamentos com EPI atenderam a norma de referência utilizada para avaliação dos resultados no presente estudo.

Prata (2010), também descreve baixa resistência para PVA em painéis de *P. taeda* (2,28 MPa) e mais 6 espécies de

pinus tropicais, *P. chiapensis* (2,88 MPa), *P. caribaea* var. *hondurensis* (2,75 MPa), *P. maximinoi* (2,70 MPa), *P. oocarpa* (2,66 MPa) e *P. tecunumanii* (2,43 MPa) e falha na madeira variando entre 0,1 e 6,0%.

Para a condição úmida, Lopes (2008) utilizando *P. taeda* obteve média superior para o adesivo PVA (2,41) em ambos os tratamentos realizados (T1 e T2), já para o adesivo EPI a média obtida pela autora foi igual a média do tratamento T4 (EPI, 200 g/m²) e inferior ao tratamento T3 (EPI, 180 g/m²), ainda, ambos os tratamentos compostos por EPI foram superiores os obtido para o adesivo PUR (4,76 MPa) pela mesma autora.

Para teste de juntas coladas de *Pinus* sp., em condição úmida Bianche (2014) obteve para o adesivo PVA com gramatura de 150 g/m² o mesmo valor de resistência e de falha na madeira que no presente estudo (0,36 MPa e 0,00%), enquanto para os tratamentos com gramatura de 200 e 250 g/m² apresentou resultados inferiores ao obtido com *C. lusitanica* em gramatura de 200 g/m² (0,26 e 0,22 MPa respectivamente).

Considerando os dados de Bianche (2014), utilizando como referência o adesivo resistente à umidade, resorcinol-formaldeído, os tratamentos compostos por adesivo EPI independente da gramatura mostraram-se superiores a todas as gramaturas utilizadas tanto em resistência quanto em percentual de falha na madeira, 150 g/m² (3,23 MPa e 63%), para 200 g/m² (3,69 MPa e 66,10%) e 250 g/m² (3,69 MPa e 60,50%).

Para os ensaios realizados sem a aplicação do pré-tratamentos (condição seca), observa-se que todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao requisitado para o quinto percentil inferior de 2,5 MPa (EN 13354, 2009). Entretanto, os tratamentos T3 e T4 (ambos com EPI) mostraram-se equivalentes e superiores aos T1 e T2 (ambos com PVA).

O presente estudo apresentou maior resistência na linha de cola que painéis de *P. taeda* obtidos por Lopes et al. (2013)

tanto para adesivos PVA (7,21 MPa), EPI (7,63 MPa) quanto para PUR (8,43 MPa), assim como o obtido por Bianche (2014) para PVA (4,66 MPa) e resorcinol-formaldeído (3,88 MPa).

No entanto, com relação ao percentual de falha na madeira obtido em condição seca para *C. lusitanica*, foi superior ao observado por Lopes et al. (2013) para *P. taeda* com adesivo PVA (38,00%), contudo, inferior ao obtido para EPI (45,10%) e PU (52,33%).

O mesmo comportamento é observado por Bianche (2014), onde o atual estudo apresenta valor maior de falha na madeira para o adesivo PVA (38,00%), mas para EPI, apresenta valor inferior ao obtido para resorcinol (79,10%).

5 CONCLUSÕES

Do estudo das características tecnológicas da madeira de *Cupressus lusitanica* Mill., assim como os fatores influentes à produção de juntas coladas com os adesivos PVA e EPI foram obtidas as seguintes conclusões.

- A espécie apresenta traqueoides com elevado comprimento, diâmetro de lume mediano e parede celular espessa, permitindo uma ancoragem adequada para adesivos como PVA e EPI.
- A madeira de *C. lusitanica* apresentou características químicas adequadas para a utilização em produtos colados, não exercendo influência negativa na produção de painéis colados lateralmente.
- A madeira é classificada como de baixa massa específica básica com alta estabilidade dimensional e pouca tendência à ocorrência de defeitos de secagem.

- Para a produção de junções de topo, o tratamento mais indicado foi o T7 composto por junções do tipo *finger-joint* com adesivo EPI e gramatura de 180 g/m².
- Para a colagem lateral da madeira de *C. lusitanica* é indicado a utilização de adesivo EPI associado à gramatura de 180 g/m², haja vista a elevada resistência e percentual de falha na madeira.
- A análise por MEV permitiu a visualização e comprovação da degradação do adesivo PVA por meio da ação da elevada umidade e demonstrou que o adesivo EPI não apresenta alteração estrutural na mesma condição.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para futuros projetos com o intuito de avaliar a qualidade da colagem em painéis *EGP*, devem ser considerados os seguintes pontos:

- Para facilitar a produção dos painéis ou juntas coladas, deve-se priorizar utilização de peças de madeira com espessura mais próxima possível da descrita em norma.
- Desaconselha-se a utilização de junções de topo do tipo plana. Em estudos subsequentes pode-se priorizar a utilização de junções biseladas ou outros tipos de junções que permitam uma maior superfície de contato entre as peças de madeira.
- Priorizar a utilização de diferentes adesivos em diferentes gramaturas ao invés de tipos de junção, onde a caracterização de diferentes adesivos é apreciada pela indústria na manufatura de produtos colados.
- Para verificar mais facilmente a influência da gramatura, recomenda-se a utilização de intervalos maiores entre as gramaturas testadas.

- Na análise por MEV dos tratamentos compostos por junções *finger-joint*, é aconselhável utilizar apenas o ápice ou a base dos dentes, pois a variação topográfica influencia negativamente a aplicação do filme de ouro e consequentemente a qualidade da análise.
- Recomenda-se utilizar pressões menores durante a colagem das peças destinadas ao cisalhamento visando reduzir o escorramento do adesivo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Adesivos. **Revista da Madeira**, Ed. 88. Curitiba, 2005.
- ALÓ, L. L.; YAMAJI, F. M.; KONISHI, P. A.; JUNIOR, C. R. S.; Caracterização de blendas em diferentes porcentagens de *Pinus* sp. e pó de lixa para a produção de biocombustível sólido. **Anais do 6º Congresso Internacional de Bioenergia**, Curitiba, 2011.
- ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. 2013, 123 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2013.
- ALVES, I. C. N.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; SILVA, H. D. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose kraft. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 167-174, Jan.-mar., 2011.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL (ASTM). **Standard Specification for Adhesives Used for Finger Joints in Nonstructural Lumber Products - D5572. ASTM D 5572 – 95**. Philadelphia ASTM, 2005 (Annual Book of ASTM Standards).
- AMOAH, M.; KWARTENG, F. O.; DADZIE, P. K. Bending properties and joint efficiency of some tropical hardwoods finger-jointed in green and dry states. **J Indian Acad. Wood Sci.** Bangalore, v. 11 n. 1, p. 57–64, June, 2014.

ARAÚJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazônica**, v. 42(1), p. 49-58, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2009: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2008**. Curitiba, 2009. 52 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190 - ESTRUTURAS DE MADEIRA**. Rio de Janeiro, 107 p., 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT; **NBR 7990 Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%**, Brasil, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14853 - Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona**. Brasil, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14577 - Pasta celulósica e madeira - Determinação do material solúvel em água**. Brasil, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT; **NBR 14660 Madeira - Amostragem e preparação para análise**, Brasil, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011 / ABRAF**, Brasília: 2012. 150p.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES) GALINARI, R.; TEIXEIRA JUNIOR, J. R.; MORGADO, R. R.; A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. Bens de Consumo, **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 37, p. 227-272, 2012.

BARBOUTIS, I.; VASILEIOU, V. Strength of finger-jointed beech wood (*Fagus sylvatica*) constructed with small finger lengths and bonded with PU and PVAc adhesives. **International Conference “Wood Science and Engineering in the Third Millennium” – ICWSE**, p. 359-364, 2013.

BARRICHELO, L.E.G. Caracterização de madeiras de *Pinus* spp. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v.3, n.14, p.100-112, 1984.

BIANCHE, J. J. **Interface madeira-adesivo e resistência de juntas coladas com diferentes adesivos e gramatura**. 2014. 98 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

BORTOLETTO JR., G.; BELINI, U. L. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1 - 16, 2002.

BIAZUS, A.; HORA, A. B. da; LEITE, B. G. P.; Panorama de mercado: Painéis de madeira; **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 49-90; 2010.

BRAND, M. A.; **Energia e biomassa florestal**. Rio de Janeiro, Interciênciam, 131 p., 2010.

BRAND, M. A. e MUÑIZ, G. I. B.; Influência da época de colheita e da estocagem na composição química da biomassa florestal. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, 2012 jan./mar.; 19(1):66-78.

CARDOSO, A., CAGNO, M., CÁRDENAS, P., GATTO, F. Contracción, hinchamiento y peso específico aparente de madera de eucalipto colorado (*Eucalyptus tereticornis* Smith). **Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay**. INNOTECH, v.8, p.5-12. 2013.

CARNEIRO, M. E.; BITTENCOURT, E.; MUNIZ, G. I. B. Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D. Don. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 913-920, out./dez. 2009.

CASTELO, P. A. R.; MATOS, J. L. M.; DEDECEK, R. A.; LAVORANT, O. J.; Influência de diferentes sítios de crescimento sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda*. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, jul./set. 2008.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.

CHAVES, E.; FONSECA, W. Ciprés (*Cupressus lusitanica*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de guías silviculturales N 7. **Turrialba, Costa Rica**, 1991.

CLAUß, S.; JOSCAK, M.; NIEMZ, P. Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests **Eur. J. Wood Prod.** 2011 n.69, p.101–111.

CONNER, A. H. **Wood: Adhesives**. Encyclopedia of Materials: Science and Technology. USA: Elsevier Science, 2001.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **Madeiras. Selección y colección de muestras, COPANT 458-1972**, 1972.

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

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 462. Método de determinación de la contracción**. 1972.

COLODETTE, J. L. Estudo das características da madeira e da polpa kraft da *Cryptomeria japonica* D. Don. **Anais do Congresso anual da associação brasileira de celulose e papel**. São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1982. p. 139-153.

CUNHA, A. B.; MATOS, J. L. M. de; Avaliação da rigidez de vigas estruturais de madeira laminada colada unidas por adesivo poliuretano. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 593-600, out./dez. 2011.

DEL MENEZZI, C. H. S. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2004. 226 p. (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

EARLE, C.J 2005. Disponível em:
<http://www.conifers.org/cu/cu/lusitanica02.jpg>. Acesso em: 20/03/2014.

EUROPEAN STANDARD. **EN 204**: Adhesives – Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural Applications. Bruxelas, 2001.

EUROPEAN STANDARD. **EN 205**: Adhesives – Wood adhesives for non-structural applications – Determination of tensile shear strength of lap joints. 13p. Bruxelas, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 13353**: Solid wood panels (SWP) – Requirements. Bruxelas, 2009. 13p.

EUROPEAN STANDARD. **EN 13354**: Solid wood panels (SWP) – bonding quality. Bruxelas, 2009. 10p.

FERREIRA, B.S.; CAMPOS, C.I.; SILVA, M.S.; VALARELLI, I.D. Cisalhamento na Linha de Cola de Compensados de *Eucalyptus* sp. e Adesivo PVA. **Floresta e Ambiente**, 2012; 19(2), p. 141-146.

FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C. **Coníferas exóticas aptas para produção de celulose Kraft: 2-Cupressus lusitanica.** Belo Oriente, 18p.1978.

FOELKEL, E; FOELKEL, C. **PinusLetter.** Disponível em: <http://www.celsofoelkel.com.br/pinus_08.html>, acessado em 15/09/2013. Ed. 8, Porto Alegre, RS. 2008.

FOLLRICH, J.; TEISCHINGER, A.; MÜLLER, U. Artificial ageing of softwood joints and its effect on internal bond strength with special consideration of flat-to-end grain joints. **Eur. J. Wood Prod.** n. 69, p. 597–604, 2011.

FOLLRICH, J.; VAY, O.; VEIGEL, S.; MÜLLER, U. Bond strength of end-grain joints and its dependence on surface roughness and adhesive spread. **J Wood Sci.** n. 56, p.429–434, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAO Statistical yearbook 2013, World food and agriculture.** Rome, p. 289, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources assessment 2010, Main report.** Rome, n.163, p. 340, 2010.

FRIHART, C. R. **Wood adhesion and adhesives: handbook of wood chemistry and wood composites.** Boca Raton: CRC, 2005.

GARCIA, A.; RECH, M. Adesivos para a madeira e móveis. **Revista da madeira.** Ed. 128. 2011.

GORSKI, L. **Painéis de partículas orientadas (OSB) da madeira de *Pinus spp.* e *Eucalyptus benthamii*.** 2014.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F.; Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155 2004.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído.** 2000. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, p.220-332, 1989.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ, 2014.** Brasília, p. 100, 2014.

IBGE; **Manual técnico da vegetação brasileira**, Rio de Janeiro, p. 92, nov. 1992.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 247 p.; 2005.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU. J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHRINGHER, C. A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, vol.28 n.6, Viçosa nov./dez. 2004.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; PRATA, J. G.; BRAZ, R. L.; CASTRO, V. G.; KAZMIERCZAK, S.; PINHEIRO, E.; RANCATTI, H.; SANCHES, F. L.; Produção de painéis compensados com lâminas de madeira de *Sequoia sempervirens* e resina ureia-formaldeído. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 809 - 816, out./dez. 2012e.

IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A. A.; RAMIREZ, M. G. L.; MATOS, J. L. M. de; BONDUELLE, G. M.; PRATA J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanni* com diferentes composições estruturais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 315-321, abr.-jun., 2012c.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. de; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; Produção de painéis aglomerados homogêneos e multicamadas de *Melia azedarach* (Cinamomo) e *Pinus taeda* com diferentes teores de resina. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 465-470, jul./set. 2012b.

IWAKIRI, S.; SILVA, L. S. da; TRIANOSKI, R.; BONDUELLE, G. M.; ROCHA, V. Y.; Avaliação do potência de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “Paricá” e *Cecropia hololeuca* “Embaúba” para produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 303-308, abr./jun. 2012d.

IWAKIRI, S.; VIANEZ, B. F.; WEBER, C.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V. C.; Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 42(1), p. 59 - 64, 2012a.

IPT - Celulose e papel. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - Vol I., 1988.

JOHANSEN D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill; 1940. 523 p.

JOKERST, R. W. **Finger-jointed wood products**. Washington: USDA, Forest Products Laboratory, 1981, 24 p.

KOLLMANN, F.F.P. & COTÉ Jr., W.A. - Principles of wood science and technology: Solid wood. New York, **Springer Verlag**, 1968. v.1, 592p.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B. DE; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. de; **Química da madeira**, 3º ed., Curitiba, 2005.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M.; **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica, RJ, Ed. Universidade Rural, 1997, 198 p. il.

KUMAR, V. S. K.; UPRETI, N. K.; KHANDURI, A. K. Effect of fingertip area on the compression strength of finger jointed sections. **J Indian Acad. Wood Sci.**, v. 7 (1–2), p.25–29, Jun-Dec 2010.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente** v.7, n.1, p. 279-291, Jan./dez. 2000.

LE, E. A.; NAIRN, J. A. Measuring interfacial stiffness of adhesively bonded wood. **Wood Sci Technol.** n. 48, p.1109 – 1121, 2014

LIMA, C.K.P. **Avaliação da qualidade de juntas coladas da madeira de clones de *Eucalyptus*.** 2006. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

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

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

LOPES, M. C.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M. DE; TANOBE, V. O. A.; CHINASSO, C. A. F.; ROSSO, S. Resistência da linha de cola de painéis de *Pinus taeda* colados lateralmente com diferentes adesivos. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 613-619, out./dez. 2013.

MARIN, C. P. **Avaliação da resistência de emendas dentadas para madeira laminada colada.** 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MARCHIORI, J. N. C.; **Dendrologia das gimnospermas.** Santa Maria, Editora UFSM, 161p. 2005.

MARRA, F.S. **Technology of wood bonding – principles in practice.** Van Nostrand Reinhold, New York. 453p. 1992.

MARTINS, S. A. **Adequação tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage para produção de painéis colados lateralmente (PCL).** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2011. 114p.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. das; Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

MAYER, F. H. **Avaliação das propriedades tecnológicas de painéis EGP (Edge Glued Panel) da empresa Phanda artefatos de madeira.** Relatório de estágio supervisionado (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade do Contestado, Canoinhas, SC, 2007. 96p.

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GARLET, A.; PAES, J. B.; STANGERLIM, D. M. Resistência de painéis aglomerados produzidos com diferentes porções de madeira e casca de arroz a fungos e cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 501-511 jul.-set., 2010.

MENDES, L. M.; ***Pinus spp.* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB).** 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; CARVALHO, A. G.; SILVA, A. F. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; Efeito da inclusão laminar e do tipo de adesivo sobre as propriedades de painéis OSB de *Pinus oocarpa*. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 03, n. 02, p. 116-127, Novembro de 2012.

MOHAREB, A.; SIRMAH, P.; DESHARNAIS, L.; DUMARCAJ, S.; PÉTRISSANS, M.; GÉRARDIN, P. Effect of extractives on conferred and natural durability of *Cupressus lusitanica* heartwood. **Ann. For. Sci.**, 2010, v.67 - 504, p. 1-7.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* Parte I – Estudo dos constituintes macromoleculares e extractivos voláteis. **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.461-470, 2005.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. Imprensa Universitária UFV, Viçosa MG, p. 1-106, 1999.

NICHOLLS, J. W. P., WARING, H. D. The effect of environmental factors on wood characteristics. **Silvae Genet**, n. 26, 1977. 107-111 p.

NOCK, H. P., RICHTER, H. G.; **Adesão e Adesivos – Adesivos e sua aplicação na indústria madeireira**. Tópicos de Tecnologia da Madeira. Universidade Federal do Paraná, 94p. , Curitiba, 1978.

OLIVEIRA, E. Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semiárido nordestino. 2003. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 113-124, dez. 1999.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

OLIVEIRA, M. P.; DANTAS, W. C. V. Evolução dos adesivos ecologicamente corretos para o setor madeireiro. In: II Seminário de Produtos Sólidos de Madeira de Eucalipto – SIF. **Revista da madeira**, set. 2003.

OKINO, E. Y. A.; CAMARGOS, J.A.A; SANTANA, M. A. E.; MARQUES, M. H. B.; MARTINS, V. A.; SOUZA, M. E.; TEIXEIRA, D.E. Descrição dos caracteres tecnológicos da madeira de *Cupressus glauca* Lam. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 39-48, dez. 2006.

OKINO, E.Y.A.; SOUZA, M.R.; SANTANA, M.A.E.; ALVES,M.V.; SOUSA, M.E.; TEIXEIRA, D.E. Evaluation of the physical and biological properties of particleboard and flakeboard made from *Cupressus* spp. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Birmingham, v.53, p.1-5, 2004.

OKINO, E.Y.A.; SOUZA, M.R.; SANTANA, M.A.E.; ALVES, M.V.; SOUSA, M.E.; TEIXEIRA, D.E. Physicomechanical properties and decay resistance of *Cupressus* spp. cement-bonded particleboards. **Cement & Concrete Composites**, Essex, v.27, p.333-338, 2005.

OKINO, E.Y.A.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M.V.; MELO, J.E.; CORADIN, V.T.R.; SOUZA, M.R.; TEIXEIRA, D.E.; SOUSA, M.E. Technological Characterization of *Cupressus* spp. Wood. **Floresta e Ambiente** N. 17(1), p.1-11, 2010.

OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R. de; SANTANA, M. A. E.; SOUSA M. E. de; Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, jun. 2008.

OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R. de; SANTANA, M. A. E.; SILVA, C. B. G. da; TOMAZ, R. B.; SOUSA, M. E. de. Uso das madeiras de seringueira, pinus e cipreste na fabricação de chapas OSB. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 39, n. 2, p. 457-468, abr./jun. 2009.

ÖZÇIFÇI, A.; YAPICI, F. Effects of machining method and grain orientation on the bonding strength of some wood species. **Journal of Materials Processing Technology**, 2007.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PARADA, G. A. Missouri Botanical Garden - MOBOT 2015
Disponível em: <http://www.tropicos.org/Image/100171815>
Acesso em: 10/05/2015.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. Propriedades da Madeira de *Cupressus lusitanica* Mill. **Comunicado técnico**. Paraná, nº107, 2003.

PEREIRA, M. C. S. - BRDE/AGFLO/GEPLA. **Produção e consumo de produtos florestais: perspectivas para a região sul com ênfase em Santa Catarina**. Florianópolis, 2003.

PEREIRA, J.C. D.; HIGA, R. C. V; SHIMIZU, J. Y.;
Propriedades da madeira do Cedrinho Japonês. **Comunicado Técnico**, Colombo, n. 88, Dez., 2003.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Nobel, 2000, 477 p.

PINTO. P. H. M. A.; NOLASCO. A. M.; ULIANA. L. R.
Estratégias para redução da geração de resíduos em indústrias de piso de madeira. **Anais do 20º SIICUSP** - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo, 2012. Disponível em: <
http://www.pimads.org/documento_atividades/Poster%2003%20-%20SIICUSP..pdf>. Acesso em: 05/07/2015.

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

RAKNES, E.; The Influence of Production Conditions on the Strength of Finger-Joints, Production, marketing and use of finger-jointed sawnwood. **Forestry Sciences** – p.282,. Hague, Holanda. 1982.

REIS, M. S., CARNEIRO, C. M. R., GALVÃO, A. P. M., SOBRAL Filho, M., PAIXÃO, J. C., LISBOA, C. D. J., SIQUEIRA, J. D. P. Adesão e Adesivos para Madeira – Teorias de Adesão e a Natureza das Colagens com Madeira. **Série Técnica**. Ministério da Agricultura, Laboratório de Produtos Florestais, 22p. Brasília, DF. 1982.

RIBEIRO, I.S.A. **Análise do mercado internacional de compensado.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2003. 177 p.

ROCHA, M. P. TOMASELLI, I., Efeito de modelo de corte nas dimensões de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*; **Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p.94 - 103, jan./dez. 2001.

ROQUE, R. M.; GARITA, C. S.; ZÚÑIGA, L. L.; Ciprés: *Cupressus lusitanica* Mill. Cupressaceae. Ficha técnica 4. Tecnología de madera de plantaciones forestales. **Revista Forestal Mesoamericana**, Kurú 7(18-19):76-90, 2010.

RUY, O. F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha das Flores, Indonésia.** 1998. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.

SÁ, V. A. de; BUFALINO, L.; ALBINO, V. C. S.; CORRÊA, A. A.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.3, p.549-557, 2012.

SANTOS, R. C. **Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de chapas de partículas.** 2008. 159 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

SERRANO, L. J. P. **Resistência à tração da madeira e resistência ao cisalhamento no plano de cola, seus impactos na geometria do dente e propriedades mecânicas de emendas dentadas.** 2009. 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

SELLERS JR., T. Adhesive in the Wood Industry. In: PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology.** New York: Marcel Dekker, 1994. cap. 37.

SHIMIZU, J. Y.; JUNIOR, U. R.; CANCELA, K. C.; MAIOCHI R. A. Cedrinho como alternativa para produção de madeira em pequenas propriedades rurais. **Comunicado Técnico, nº 172.** Colombo: Embrapa Florestas. 3p. 2006.

SHIMIZU, J. Y.; PINTO JÚNIOR, J. E.; RIBASKI, G. Cipreste para madeira: alto incremento volumétrico com material genético apropriado. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p. 3-17, jan./dez. 1995.

SHIMOYAMA, V. R. S.; WIECHETECK, M. S. S.; Características da madeira e da pasta termomecânica *Pinus patula* var. *tecunumanii* para produção de papel imprensa; **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.9, n.27, p.63 – 80, Ago. 1993.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). Fatos e Números do Brasil Florestal. 93p. São Paulo. 2008.

SOUZA, M. M.; SILVA, D. A.; ROCHADELLI, R.; SANTOS, R. C.; Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. **FLORESTA**. Curitiba, PR, v. 42, n. 2, p. 325 - 334, abr./jun. 2012.

ST-PIERRE, B.; BEAUREGARD, R.; MOHAMMAD, M.; BUSTOS, C. Effect of moisture content and temperature on tension strength of finger jointed black spruce lumber. *For Prod J* 55(2):9–16, 2005.

Technical Association of Pulp and Paper Industry - TAPPI; T 222 om-02. **Acid-insoluble lignin in wood and pulp.** 5p., 2002.

Technical Association of Pulp and Paper Industry - TAPPI; T 413 om-93. **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 900°C.** 4 p. 1993.

Technical Association of Pulp and Paper Industry - TAPPI; T 258 om-11 **Basic density and moisture content of pulpwood.** 8p. 2011.

Technical Association of Pulp and Paper Industry - TAPPI T.
264 cm- 07 Preparation of wood for chemical analysis, Test Method T 264 cm-07. 2007.

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

TOMASELLI, I.; KLITZKE, R. J. **Secagem de Madeira.** Curitiba-PR: fundação Hugo Simas, 2001 (Apostila).

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **Scientia Forestalis.** IPEF n.29, p.37-45, abr. 1985.

TRIANOSKI, R. **Caracterização tecnológica de espécies de Pinus tropicais provenientes de plantios experimentais no Brasil.** 2008. 128 p. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos.** 2012. 554p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. de; CHIES, D.; Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica* para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis,** Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 057-064, mar. 2013.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de *Pinus* tropicais. **Floresta e Ambiente**. 2013. v. 20 (3) p.398-406.

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

VICK, C. B. **Adhesive Bonding of Wood Materials**. U.S. PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook —Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL—GTR—113. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 9. 463 p. Madison: U.S. 1999.

VICK, C. B.; ROWELL, R. M. Adhesive Bonding of Acetylated Wood. **Int. J. Adhesion and Adhesives**. V.10, n.4, p. 263-272. Madison, U.S. 1990.

VRAZEL, M.; SELLERS JR, T. The effects of species, adhesive type, and cure temperature on the strength and durability of a structural finger-joint. **Forest Product Journal**, v. 54, n. 3, p. 66-75, 2004.

ZERBINI, N.J. **Madeiras com potencial comercial da região do Rio Xingú (Pará, Brasil): Propriedades tecnológicas e cadeia produtiva**. 2008. 187 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília. Brasília 2008.

XAVIER, S. A.; FUKAMI, J.; MIOTTO, L. C. V.; SOBOTTKA, R. P.; NAKATANI, S. H.; TAKAHASHI, L. S. A.; MACHADO, M. H.; Superação da dormência de sementes de *Cupressus lusitanica* Mill. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1041-1046, maio/jun. 2012.

ZIMMERMAN, D. Adesivos para pisos engenheirados: da fabricação à instalação. **REMADE**: Revista da Madeira. Ed. 94. 2006. Disponível em:
http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=853&subject=Pisos&title=Adesivos%20para%20Pisos%20Engenheirados:%20aa%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20instala%C3%A7%C3%A3o. Acesso em:
25/08/2013.