

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PÂMELA CAROLINE LAU

**PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE COLAGEM LATERAL – EGP COM MADEIRA
DE *Populus deltoides***

CURITIBA

2017

PÂMELA CAROLINE LAU

**PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE COLAGEM LATERAL – EGP COM MADEIRA
DE *Populus deltoides***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, Área de Concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosilani
Trianoski

CURITIBA

2017

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Lau, Pâmela Caroline

Produção de painéis de colagem lateral – EGP com madeira de Populus
deltoides / Pâmela Caroline Lau. – Curitiba, 2017.

87 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Rosilani Trianoski

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba,
21/02/2017.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Painéis de madeira. 2. Choupo-do-canada. 3. Madeira - Química. 4. Madeira -
Qualidade. 5. Pinus taeda. 6. Teses. I. Iwakiri, Setsuo. II. Trianoski, Rosilani. III.
Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.832



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **PÂMELA CAROLINE LAU** intitulada: **PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE COLAGEM LATERAL - EGP COM MADEIRA DE Populus deltoides**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Curitiba, 21 de Fevereiro de 2017.

SETSUO IWAKIRI

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

EVERTON HILLIG

Avaliador Externo (UNICENTRO)

ADAUTO JOSÉ MIRANDA DE LIMA

Avaliador Externo (UFPR)



Dedico esta dissertação à minha mãe Silvana, com todo meu amor e gratidão, por tudo que fez por mim ao longo de minha vida.

Também dedico ao meu noivo Rafael, que me apoiou incondicionalmente durante todo o tempo em que estive desenvolvendo esta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, benção e proteção.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de alcançar este nível de formação.

À Capes, pela concessão de bolsa durante o período de realização do Mestrado.

À empresa Swedish Match, pela doação da madeira de *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall utilizada para o desenvolvimento desta presente pesquisa.

Ao Prof. Dr. Setsuo Iwakiri e a Prof^a. Dr^a. Rosilani Trianoski, pela orientação, apoio e ensinamentos.

À minha família que de alguma forma contribui para a realização desta pesquisa.

Ao meu noivo Rafael Sozim, pelo amor e carinho recebido, pela paciência e por sempre estar ao meu lado.

Aos meus colegas de pós-graduação, Thiago Souza da Rosa e Vinicius Rosa Schweitzer pelas conversas e conhecimentos compartilhados.

Ao meu colega Guilherme Moura Benhour, pelas conversas e auxílio para o desenvolvimento desta pesquisa.

A minha amiga Ana Paula Namikata da Fonte, pela amizade e apoio para o desenvolvimento desta pesquisa.

Às minhas colegas de moradia, Izabela Moura Duin, Maiara Kovalski e Naiany Bonamichi Silva, pelos bons momentos convividos.

Ao funcionário Sr. Gilberto da Silva, pelo auxílio prestado para o desenvolvimento desta pesquisa.

De modo geral agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

*"O conhecimento torna a alma jovem e
diminui a amargura da velhice. Tome,
pois, a sabedoria. Armazena
suavidade para o amanhã".*

Leonardo da Vinci.

RESUMO

Atualmente o Brasil apresenta 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas para fins industriais, sendo cultivado principalmente o gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, e em menor escala outras culturas florestais. Entre essas culturas destaca-se o gênero *Populus*, com 4216 ha de plantios, sendo empregado principalmente para produção de palitos de fósforo. Dentre este gênero destaca-se a espécie *deltoides*, a qual não apresenta seu uso tão difundido, necessitando ser estudada para outros fins, como por exemplo, o seu emprego na confecção de painéis de colagem lateral – EGP. Este tipo de painel é formado pela união de sarrafos, lateralmente ou pela união de topo, através de ligação adesiva. Diante deste cenário, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade tecnológica do uso da madeira de *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall para a produção de painéis de colagem lateral – EGP. Para cumprir este objetivo, avaliou-se as propriedades químicas e físicas da madeira de *Populus deltoides* e *Pinus taeda* (testemunha), as propriedades dos adesivos PVA D3, PVA D4, EPI e MUF, e, testou-se as emendas de topo do tipo *finger-joint* colada com o adesivo PVA D3 por meio dos ensaios flexão estática e tração paralela, e, as juntas coladas efetivadas com os distintos adesivos na gramatura 180 g/m², por meio do ensaio mecânico de cisalhamento na linha de cola. A qualidade da colagem lateral e de topo da madeira de *Populus deltoides* foi comparada a madeira de *Pinus taeda* e com requisitos normativos. Os resultados obtidos, demonstraram que *Populus deltoides* apresentou massa específica inferior, estabilidade dimensional e teor de cinzas superior a *Pinus taeda*. Para as juntas coladas e as emendas de topo, de acordo com a norma EN 13353 (EN, 2003) e a ASTM D 5572-95 (2005), a espécie *Populus deltoides* pura ou em mistura com o *Pinus taeda*, apresentou de modo geral potencial para a produção de EGP com os adesivos PVA D3, EPI e MUF.

Palavras-chave: *Populus deltoides*; propriedades físico-químicas; colagem lateral; colagem de topo.

ABSTRACT

Currently Brazil presents 7.8 million hectares of trees planted for industrial purposes, being cultivated mainly the genus *Pinus* and *Eucalyptus* as well as other forest cultures. Among these cultures, the genus *Populus* stands out with 4216 ha of reforestation used mainly for the production phosphorus sticks. Among this genus, the species *deltoides* is highlighted, which does not present its widespread use, and needs to be studied for other purposes, such as its use in the manufacture of edge glued panel - EGP. This type of panel is formed by the joining of battens, laterally or by the top joint, through adhesive bonding. In this scenario, the objective of this work was to evaluate the technological feasibility of the use of wood from *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall for the production of edge glued panel - EGP. In order to comply with this objective, the chemical and physical properties of the wood of *Populus deltoides* and *Pinus taeda* (control), the properties of the adhesives PVA D3, PVA D4, EPI and MUF, were evaluated. finger-joint bonded with the PVA D3 adhesive by means of the static bending and parallel traction tests, and the bonded joints effected with the different adhesives in the grammage 180 g / m², by means of the mechanical test of shear in the glue line. The quality of the lateral and top collage of the wood of *Populus deltoides* was compared to *Pinus taeda* wood and with normative requirements. The results showed that *Populus deltoides* hard lower specific mass, dimensional stability and ash content large than *Pinus taeda*. For the top and side gluing, according to EN 13353 (EN, 2003) and ASTM D 5572-95 (2005), the species *Populus deltoides* pure or in combination with *Pinus taeda*, presented in general a potential for the production of EGP with the adhesives PVA D3, EPI and MUF.

Keywords: *Populus deltoides*; physicochemical properties; side gluing; top gluing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NATURAL DO <i>Pinus taeda</i> L.....	5
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NATURAL DO <i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall.....	8
FIGURA 3 – PLANTIO DE <i>Populus deltoides</i>	30
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DO PLANTIO DE <i>Populus deltoides</i>	31
FIGURA 5 – TORAS COM 1,5 M DE COMPRIMENTO DA ESPÉCIE <i>Populus deltoides</i>	31
FIGURA 6 – DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	34
FIGURA 7 – SARRAFOS UTILIZADOS PARA COLAGEM LATERAL E DE TOPO.	35
FIGURA 8 – PESAGEM E MEDIÇÃO NO ESTADO SATURADO.	36
FIGURA 9 – DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS.....	37
FIGURA 10 – COLAGEM TOPO E LATERAL.....	40
FIGURA 11 – ENSAIOS MECÂNICOS.	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRESSÃO RECOMENDADA PARA DIFERENTES MASSA ESPECÍFICAS DA MADEIRA.	22
TABELA 2 – DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE CURABILIDADE.	24
TABELA 3 - PROPRIEDADES DO ADESIVO MUF.	29
TABELA 4 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DAS EMENDAS DE TOPO.	37
TABELA 5 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DAS JUNTAS COLADAS... ..	38
TABELA 6 - PRÉ-TRATAMENTOS PARA OS ENSAIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO PARALELA.	41
TABELA 7 - PRÉ-TRATAMENTOS PARA ENSAIO DE CISALHAMENTO DA LINHA DE COLA.	42
TABELA 8 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.	44
TABELA 9 - RESULTADOS MÉDIOS PARA MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE UMIDADE.	47
TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DE RETRATIBILIDADE PARA <i>Pinus taeda</i> E <i>Populus deltoides</i>	50
TABELA 11 - VALORES MÉDIOS DE VISCOSIDADE, TEOR DE SÓLIDOS E PH DOS ADESIVOS.	52
TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO PARALELA DAS EMENDAS DE TOPO COLADAS COM O ADESIVO PVA D3.	55
TABELA 13 - RESULTADOS MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL.	58
TABELA 14 - RESULTADOS MÉDIOS DO EFEITO DO ADESIVO SOBRE À RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS DE <i>Populus deltoides</i> e <i>Pinus taeda</i>	60
TABELA 15 - RESULTADOS MÉDIOS DO EFEITO DA ESPÉCIE SOBRE À RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS DE <i>Populus deltoides</i> e <i>Pinus taeda</i>	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo Geral.....	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 PAINÉIS DE COLAGEM LATERAL - EGP	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	4
2.2.1 <i>Pinus taeda</i> L.....	4
2.2.2 <i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall	7
2.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA	10
2.3.1 Propriedades físicas	10
2.3.2 Propriedades Químicas	15
2.4 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PAINEL EGP	18
2.4.1 Fatores inerentes a madeira	18
2.4.2 Fatores inerentes ao processo de colagem	21
2.5 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DOS ADESIVOS UTILIZADOS...	25
2.5.1 Acetato de polivinila (PVA)	25
2.5.2 Emulsão Polimérica de Isocianato	27
2.5.3 Melamina - uréia - formaldeído	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 MATERIAL.....	30
3.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	32
3.2.1 Propriedades Químicas	32
3.2.2 Propriedades físicas	35
3.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS ADESIVOS	36
3.4 CONFECÇÃO DAS EMENDAS DE TOPO E DAS JUNTAS COLADAS ...	37
3.4.1 Produção dos Sarrafos	38
3.4.2 Colagem das emendas de topo e das juntas coladas.....	38
3.5 CONFECÇÃO E ENSAIO DOS CORPOS DE PROVA DAS EMENDAS DE TOPO E DAS JUNTAS COLADAS	40

3.6 ANÁLISE ESTÁTISTICA.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	44
4.1.1 Propriedades Químicas	44
4.1.2 Massa específica e teor de umidade	47
4.1.3 Retratibilidade	49
4.2 PROPRIEDADES DOS ADESIVOS UTILIZADOS	51
4.3 RESISTÊNCIA DAS EMENDAS DE TOPO – <i>FINGER JOINT</i>	53
4.4 RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS AO ENSAIO DE CISALHAMENTO	57
4.4.1 Efeito do tratamento.....	57
4.4.2 Efeito do adesivo	59
4.4.3 Efeito da espécie	63
5 CONCLUSÕES.....	66
6 REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

As áreas de florestas plantadas vêm a cada ano se expandindo no Brasil, com o propósito de atender a demanda por madeira do setor madeireiro, o qual anteriormente era apenas atendido por madeira proveniente de florestas naturais.

Atualmente o país apresenta 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas (IBÁ, 2016), sendo que deste total, 4216 ha corresponde a plantios de *Populus* spp (IBÁ, 2016).

Dentre o gênero *Populus* destaca-se a espécie *deltoides*, a qual ocorre naturalmente nos Estados Unidos e no Canadá, e no Brasil vem sendo plantada principalmente no Estado do Paraná e Santa Catarina, com propósito de produção de palitos de fósforo.

Visando o reaproveitamento de resíduos advindos do processamento da madeira ou a utilização de toras de menores diâmetros, os Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA) surgiram com o intuito de gerar um novo produto com maior valor, destacando-se entre estes produtos o painel de colagem lateral (EGP), o qual é destinado principalmente para confecção de móveis, portas e pisos.

Este tipo de painel é confeccionado utilizando madeira de baixa a média massa específica, principalmente a madeira de *Pinus* spp, e para sua colagem, os adesivos PVA (poliacetato de vinila) e EPI (emulsão polimérica de isocianato).

Devido a demanda crescente pela madeira de pinus e eucalipto entre os setores do mercado florestal, levam a necessidade de cada ano se aumentar as áreas de reflorestamentos. A utilização de outras espécies sejam estas nativas ou exóticas ou até mesmo resíduos florestais e agrícolas, utilizadas puras ou em mistura com a madeira de pinus e eucalipto, permitem a fabricação de diversificados produtos florestais, amenizando a competição pela madeira destas espécies, e, viabilizando a utilização de novas matérias-primas.

Com base no contexto apresentado, a presente pesquisa tende a contribuir para o conhecimento da madeira de *Populus deltoides* além de estudar o seu emprego na produção de painéis de colagem lateral (EGP).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade tecnológica do uso da madeira de *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall para a produção de painéis de colagem lateral.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar as propriedades físicas e químicas da madeira de *Populus deltoides*;
- Avaliar a qualidade da colagem lateral e de emendas de topo das madeiras de *Populus deltoides* e *Pinus taeda* puras e em combinação entre si;
- Avaliar o efeito dos adesivos PVA, EPI e MUF na colagem lateral;
- Comparar a qualidade de colagem do *Populus deltoides* em relação ao *Pinus taeda* (espécie testemunha) e com requisitos normativos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PAINÉIS DE COLAGEM LATERAL - EGP

Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA) correspondem a produtos secundários produzidos com madeira sólida ou do reprocessamento da madeira serrada. Este setor é dividido em quatro grandes segmentos: portas de madeira, molduras, pisos de madeira e painel de colagem lateral (EGP) (ABIMCI, 2007, 2009; MARTINS, 2011).

Os painéis colados lateralmente, denominados pela sigla PCL no português, são conhecidos na língua inglesa como *Edge Glued Panel* (EGP), consistem em painéis formados pela união lateral de sarrafos de madeira através de ligação adesiva. Estes sarrafos podem apresentar união de topo através de emendas do tipo "*finger joint*" (IWAKIRI, 2005; MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2008; ABIMCI, 2009; PRATA, 2010; BILA, 2014).

Como matéria-prima para a manufatura do EGP emprega-se principalmente a madeira de pinus, embora atualmente confeccione-se painéis de eucalipto e de folhosas tropicais (MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2008; ABIMCI, 2009; ALMEIDA, 2013).

Frente a alta demanda por madeira pelo setor madeireiro, o EGP destaca-se por reaproveitar madeira advinda do processo primário a qual antes era resíduo, tornando-se, então, um produto com maior valor agregado e sustentável. Destaca-se que além do resíduo de processamento, utiliza-se toras de pequenos diâmetros, como as provenientes de primeiro desbaste de pinus (FOELKEL, FOELKEL, 2008; MARTINS, 2011; REMADE, 2015). De acordo com Bila (2014), o uso deste tipo de matéria-prima leva a redução dos custos, visto que a madeira representa um dos maiores custos de produção.

Normalmente os painéis EGP são confeccionados com peças de largura entre 30 e 50 mm e espessura entre 15 e 30 mm (DEL MENEZZI; NAHUZ; SOUZA, 2001), utilizando para a união destas, os adesivos PVAc (poliacetato de vinila) e EPI (emulsão polimérica de isocianato) (ALMEIDA, 2013).

Neste tipo de painel comumente não se aplica revestimentos, pois o efeito decorativo proporcionado pelo desenho da madeira ou pelas emendas dos sarrafos, dispensa esta etapa (MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2008; ABIMCI, 2009). Quando o EGP é empregado na indústria de móveis, costuma-se aplicar seladores, vernizes ou ceras, com o intuito de realçar a cor natural da madeira (MARTINS, 2011).

O painel EGP pode ser utilizado para fins estruturais ou decorativo, sendo principalmente destinado a confecção de móveis, portas, pisos e também empregado na construção civil (FOELKEL; FOELKEL, 2008; MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2008; ABIMCI, 2009; PRATA, 2010; REMADE, 2015).

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

2.2.1 *Pinus taeda* L.

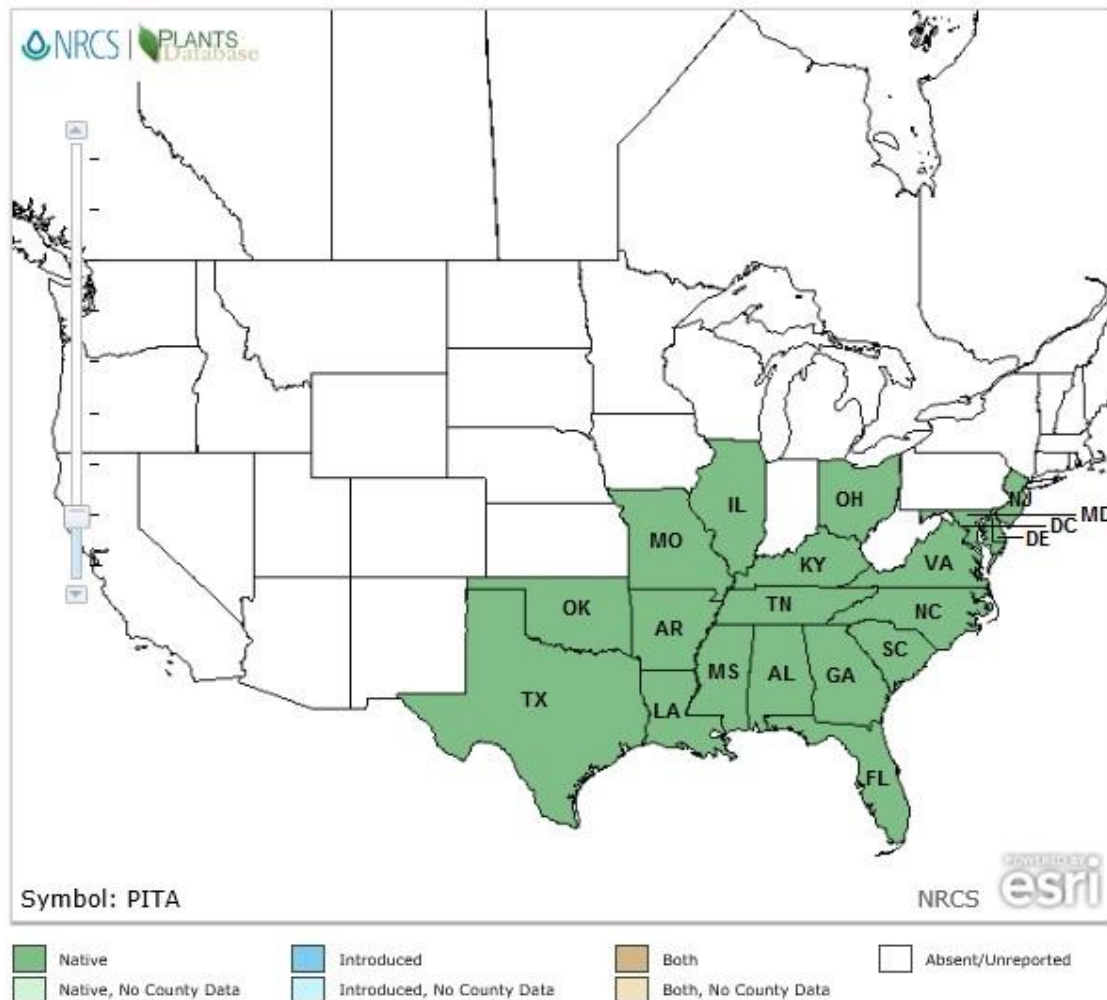
Há 365 milhões de anos atrás, período Devoniano Médio da era Paleozóica, surgiu um dos quatro grupos pertencentes ao Reino Plantae, as gimnospermas. Dentre as famílias que representam este subgrupo, pode-se destacar a Pinaceae. Há evidências na história da Terra que indicam a evolução desta família no período Jurássico Médio, na era Mesozoica. Também nesta era, mais precisamente no período Cretáceo Inferior, desenvolveu-se o gênero mais importante economicamente nos dias atuais, o gênero *Pinus* (STEWART, 1983 citado por RICHARDSON e RUNDEL, 1998).

Dentre as inúmeras espécies que representam o gênero *Pinus*, sete são cultivadas no Brasil, destacando-se entre estas o *Pinus taeda* L. (ZENNI; SOUZA, 2016).

Pinus taeda L. é uma espécie que ocorre naturalmente na região sul (Texas, Oklahoma, Arkansas, Luisiana, Mississippi, Kentucky, Tennessee, Alabama, Flórida, Geórgia, Carolina do Sul, Carolina do Norte, Virgínia, Distrito

de Colúmbia, Maryland e Delaware), noroeste (Nova Jersey) e centro-oeste (Missouri, Illinois e Ohio) dos Estados Unidos (FIGURA 1) (USDA, 2016).

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NATURAL DO *Pinus taeda* L.



FONTE: USDA (2016) adaptado.

LEGENDA: Estados Unidos - Texas (TX), Oklahoma (OK), Arkansas (AR), Luisiana (LA), Mississippi (MS), Kentucky (KY), Tennessee (TN), Alabama (AL), Flórida (FL), Geórgia (GA), Carolina do Sul (SC), Carolina do Norte (NC), Virgínia (VA), Distrito de Colúmbia (DC), Maryland (MD), Delaware (DA), Nova Jersey (NJ), Missouri (MO), Illinois (IL) e Ohio (OH).

“Sua faixa de dispersão vai desde o nível do mar até 2500 m de altitude, ocasionalmente até 4500 m” (KRONKA; BERTOLANI; PONCE, 2005, p. 16). Segundo Koch (1972), em sua área de ocorrência natural a precipitação média varia de 1016 mm a 1524 mm, e a temperatura varia de -23°C a 38°C.

No Brasil esta espécie é conhecida popularmente como pinheiro-amarelo, pinheiro-rabo-de-raposa, pinheiro-do-banhado, pinos e pinho-americano (LORENZI et al., 2003).

Pinus taeda é uma árvore de grande porte que pode atingir até 30 m de altura (LORENZI et al., 2003). Cresce a sol pleno e em solos argilosos até arenosos, ácidos, bem drenados e ocasionalmente molhados; é altamente tolerante à seca e pouco tolerante à salinidade do solo (GILMAN; WATSON, 1994).

Conforme Gilman e Watson (1994), Lorenzi et al. (2003) e Elesbão (2011), esta espécie apresenta as seguintes características: tronco que cresce principalmente na posição vertical com casca de coloração marrom avermelhado e gretada; ramos apresentam coloração marrom; folhas (acículas) em número de 3 por fascículo, com margem inteira, forma filiforme e de cor verde-escura; frutos (cones) masculinos são cilíndricos e amarelados, e os femininos, ovado-oblongos, sésseis ou subsésseis, de escamas alongadas com uma saliência transversal e um espinho triangular, recurvado no ápice; sementes com asa, de cor marrom-escura, manchadas de preto.

Kronka, Bertolani e Ponce (2005) afirmam que as indústrias que utilizam como matéria-prima o pinus se dividem em três segmentos principais: celulose, painéis e processamento mecânico. Beatriz e Marto (2009) complementam, que além das indústrias laminadoras, de serrados e de papel e celulose, o resíduo do pinus “tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia”.

Especificamente, segundo Lorenzi et al. (2003) e Beatriz e Marto (2009), a espécie *Pinus taeda* L. é indicada para os seguintes usos: arborização, parques e jardins; produção de celulose; construção civil; dormentes; laminação; móveis; particulados (aglomerado, OSB, waferboard); postes; resinas; e serraria.

Segundo Shimizu e Sebbenn (2008), em 1948 o Serviço Florestal do Estado de São Paulo introduziu no país as seguintes espécies: *Pinus palustris* Mill., *Pinus echinata* Mill., *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Os autores ainda afirmam que dessas quatro espécies, *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* se destacaram por apresentarem facilidade nos tratos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no sul e no sudeste.

De acordo com Kronka, Bertolani e Ponce (2005), o interesse em buscar uma nova fonte de matéria-prima se fez necessário devido a demanda exercida pelo abastecimento de madeira nas indústrias presentes no país naquela

época, ocorrido em virtude da redução da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, a qual sofreu intensa e abusiva exploração.

Na década de 60 e 70 houve uma expansão dos maciços florestais no Brasil, decorridos da criação da Lei N° 5106, de 2 de setembro de 1966 e do Decreto-Lei N°1134, de 16 de novembro de 1970. Esta legislação também conhecida como política dos incentivos fiscais, permitia a dedução de parte do imposto de renda desde que se investisse em projetos de florestamentos e reflorestamentos aprovados pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF (BRASIL, 1966, 1970).

Atualmente o Brasil apresenta 7,74 milhões de hectares de árvores plantadas para fins industriais, sendo deste total 1,59 milhão de hectares de plantios de pinus, concentrados principalmente no estado do Paraná e Santa Catarina (IBÁ, 2015).

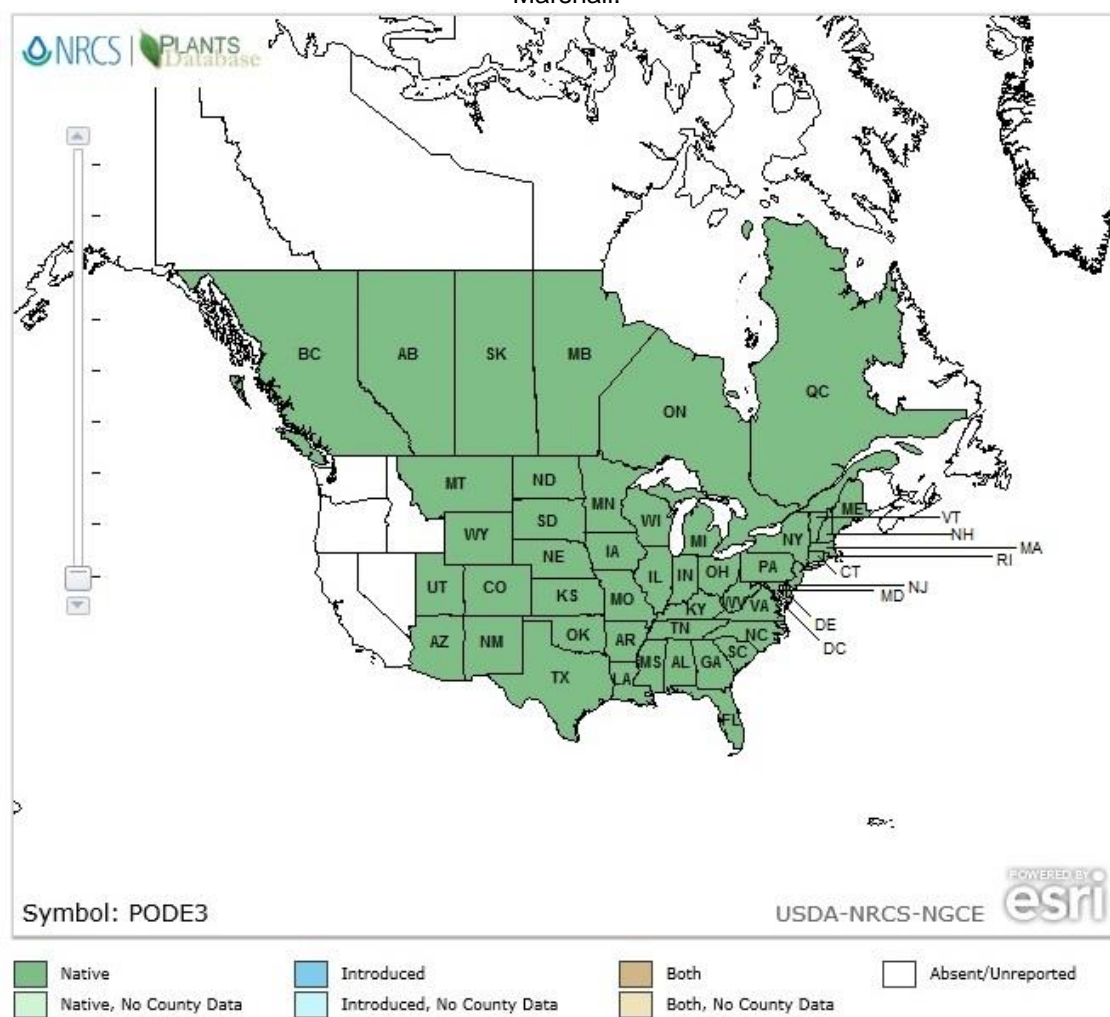
2.2.2 *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall

Populus deltoides W. Bartram ex Marshall conhecido popularmente como álamo, álamo – americano, álamo – do – Canadá e choupo, pertence a ordem Malpighiales, família Salicaceae e gênero *Populus* (LORENZI et al., 2003; MISSOURI BOTANICAL GARDEN, © 2016).

O nome *Populus* é derivado da expressão romana “abor populi” que significa “árvore do povo”, pois frequentemente esta era plantada em locais públicos onde ocorriam reuniões (RUPP, 1990 citado por DICKMANN, 2001).

Como pode ser visto na Figura 2, *Populus deltoides* ocorre naturalmente no sul, nordeste, centro – oeste e em parte do oeste dos Estados Unidos, já no Canadá, o mesmo restringe-se a região oeste e a região central localizada ao leste do país (USDA, 2016).

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NATURAL DO *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall.



FONTE: USDA (2016) adaptado.

LEGENDA: Estados Unidos - Arizona (AZ), Utah (UT), Novo México (NM), Colorado (CO), Wyoming (WY), Montana (MT), Texas (TX), Oklahoma (OK), Kansas (KS), Nebraska (NE), Dakota do Sul (SD), Dakota do Norte (ND), Luisiana (LA), Arkansas (AR), Missouri (MO), Iowa (IA), Minnesota (MN), Mississippi (MS), Illinois (IL), Wisconsin (WI), Flórida (FL), Alabama (AL), Tennessee (TN), Kentucky (KY), Indiana (IN), Michigan (MI), Geórgia (GA), Carolina do Sul (SC), Carolina do Norte (NC), Virgínia (VA), Virginia Ocidental (WV), Ohio (OH), Pensilvânia (PA), Nova Iorque (NY), Maine (ME), Vermont (VT), Nova Hampshire (NH), Massachusetts (MA), Rhode Island (RI), Connecticut (CT), Nova Jersey (NJ), Maryland (MD), Delaware (DE), Distrito de Colúmbia (DC).

No Brasil, os primeiros plantios ocorreram entre 1905 e 1910 nos municípios de Curitiba – PR e Caieiras – SP. Nesta ocasião implantou-se principalmente mudas de *Populus deltoides* var. *carolinensis* provenientes dos Estados Unidos. Em 1959 começou a se plantar clones oriundos da Argentina e da Itália, e conseqüentemente expandiu-se a área reflorestada no país. Porém o cenário não se encontrava satisfatório, pois a espécie em questão não conseguiu adaptar-se a região em virtude das exigências climáticas. Na década

de 80 esta realidade foi revertida, desenvolveram-se novas técnicas e clones mais adaptados as condições climáticas do Brasil, resultando em bom crescimento inicial e despertando o interesse de empresas fosforeiras. Em 1991, implantou-se os primeiros viveiros para produção de *Populus deltoides*, expandindo as áreas de plantio comercial das empresas (SBS, 2006; MIO; AMORIM, 2000; JAVARINI, 2011).

Segundo a IBÁ (2016) em 2016 o setor florestal brasileiro apresentava 4216 ha de área plantada com *Populus* spp. Estes reflorestamentos concentram-se no Estado do Paraná e de Santa Catarina (ABRAF, 2013).

De acordo com Lorenzi et al. (2003, p.336) a espécie *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall apresenta as seguintes características:

árvore caducifólia, de 18-30 m de altura, com tronco ereto e cilíndrico, com casca rugosa, de cor parda e profundas fissuras longitudinais quando adulta. Ramagem oblíqua e longa. Folhas simples, alternas, largamente triangulares, cartáceas, lustrosas, geralmente glabras, de margens grossamente denteadas acima da base com dentes bem encurvados com glândulas nas pontas, com pecíolo fino e comprimido lateralmente. Inflorescências em amentilhos (espigas densas) pendentes, masculinas e femininas separadas na mesma planta (monóica). Os frutos são cápsulas elipsoides deiscantes, que ao abrirem-se mostram as sementes envoltas em fibras brancas.

Populus deltoides é uma espécie pioneira de grande porte, podendo atingir até 30 m de altura (FAO, 1979; HARLOW et al., 1991; LORENZI et al., 2003) e 120 cm de diâmetro (HARLOW et al., 1991).

Ocorre naturalmente em solos aluviais (FAO, 1979; HARLOW et al., 1991), submetendo-se a temperaturas que variam de 46°C a -45°C, com mais de 200 dias consecutivos de geada e precipitação média que compreende entre um mínimo de 380 e um máximo de 1500 mm (FOWELLS; MEANS, 1990; RICHARDSON; ISEBRANDS; BALL, 2014).

A madeira de *Populus deltoides* apresenta coloração do cerne branco acinzentado a castanho e o alburno é esbranquiçado e se funde gradualmente com o cerne (WIEMANN, 2010). Já seu odor é desagradável, porém, após estar seca a sua cor modifica-se e o cheiro quase inteiramente desaparece (FAO, 1979).

As sementes produzidas por esta espécie, se dispersam através do ar e da água, levando a germinação ser abundante, porém, estas apresentam

crescimento inicial lento, podendo ocorrer mortalidade elevada quando estas são submetidas a altas temperaturas, chuvas e fungos (FAO, 1979; FOWELLS; MEANS, 1990; HARLOW et al., 1991).

Para implantação de plantios comerciais, indica-se que o plantio seja executado utilizando-se mudas na forma de estacas (FOWELLS; MEANS, 1990). Otto (2005) com objetivo de estudar o efeito da adubação nitrogenada na cultura do *Populus deltoides*, implantou seu experimento usando no plantio mudas em forma de estacas de 4,5 m de altura e 5 cm de diâmetro a altura do peito (DAP).

A madeira de *Populus deltoides* no Brasil está sendo utilizado principalmente para produção de fósforo, além de ser utilizado como componente do paisagismo (LORENZI, et al., 2003; SBS, 2006; JAVARINI, 2011). Complementa-se que além destes dois usos, o mesmo pode ser empregado para a confecção de vigas, mourões, móveis e objetos; na produção de celulose e de biomassa; integrar sistemas agloflorestais; como quebra-vento; fitorremediação; etc (SBS, 2006; DICKMANN; KUZOVKINA, 2014; AHEC, 2016).

De acordo com Frihart e Hunt (2010), *Populus deltoides* é uma espécie de fácil colagem, podendo-se utilizar adesivos com diversificadas propriedades em condições de colagem variáveis.

2.3 PROPRIEDADES DA MADEIRA

2.3.1 Propriedades físicas

2.3.1.1 Massa específica

Massa específica corresponde a massa contida em uma unidade de volume de um material, sendo essa expressa em g/cm^3 ou kg/m^3 (TSOUMIS,

1991). Segundo Burger e Richter (1991, p.49), “a massa específica apresenta uma variação natural de 0,13 a 1,4 g/cm³”.

A massa específica da madeira varia de acordo com a sua composição, ou seja, a quantidade de material (espessura da parede das fibras ou traqueoides; número e o diâmetro dos vasos; número de células de parênquima) e a quantidade de espaços vazios (cavidades das células) presentes (FENGEL; WEGENER, 1989; TSOUMIS, 1991).

Esta propriedade é influenciada pelos seguintes fatores: umidade, estrutura histológica, largura dos anéis de crescimento, proporção de lenho tardio, proporção de lenho inicial, cerne, alburno e composição química (BURGER; RICHTER, 1991; TSOUMIS, 1991).

Devido a massa específica ser suscetível a alterações propiciadas pelo conjunto que compõem uma árvore, há variações de seus valores entre espécies e dentro da mesma espécie (TSOUMIS, 1991; MARRA, 1992; VICK, 1999). Ressalta-se que esta peculiaridade é também influenciada pelo meio (solo, clima, espaçamento, entre outros) ao qual o indivíduo habita (TSOUMIS, 1991).

2.3.1.2 Teor de umidade

A umidade da madeira refere-se literalmente ao conteúdo de água presente na mesma, classificada de três distintas formas: água livre - localizada nos lúmens de células; água de impregnação- presente nas paredes celulares; e a água de constituição - presente na estrutura molecular da madeira (TSOUMIS, 1991; MARRA, 1992).

Segundo Tsoumis (1991) o conteúdo de umidade de uma árvore pode variar entre 30 a 300%, podendo este valor sofrer influência de diversos fatores, tais como: espécie, posição na árvore e estação do ano.

De acordo com Marra (1992), o teor de umidade presente em uma madeira pode ser classificado em quatro categorias: a) verde: refere-se ao conteúdo de umidade de um indivíduo em pé ou logo após o seu corte. Nesta condição há presença de água livre, de impregnação e de constituição; b)

ponto de saturação das fibras (PSF): a madeira apresenta apenas a água de impregnação e de constituição. Para o autor este ponto refere-se a 30% de umidade; c) teor de umidade de equilíbrio: a madeira está exposta ao ambiente e assume uma média de 12% de umidade; d) seco: considera-se que a madeira apresenta 0% de umidade.

2.3.1.3 Estabilidade dimensional

A madeira é um material anisotrópico, ou seja, apresenta propriedades distintas nas direções tangencial, radial e longitudinal (BURGER; RICHTER, 1991; PFEIL; PFEIL, 2003; IWAKIRI, 2005; GLASS; ZELINKA, 2010). Devido a esta característica, as alterações dimensionais, sejam elas advindas de retração ou inchamento, comportam-se desigualmente nas diferentes direções de crescimento da árvore (PANSIN; DE ZEEUW, 1980; TSOUMIS, 1991; KLOCK, 2000).

A variação dimensional nos três planos da madeira se manifesta quando o material se encontra com umidade entre 0% e o ponto de saturação das fibras (30%) (BROW; PANSIN; FORSAITH, 1949; GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; TSOUMIS, 1991; PFEIL; PFEIL, 2003; CHIES, 2005; GLASS; ZELINKA, 2010). Brow, Pansin e Forsaith (1949), Tsoumis (1991) e Glass e Zelinka (2010) afirmam que a ocorrência da modificação da umidade acima do ponto de saturação das fibras não afeta dimensionalmente a madeira.

Tanto a contração da madeira quanto o seu inchamento se manifestam diferentemente entre as espécies, pois sofrem influência da massa específica, teor de umidade, estrutura anatômica, composição química, etc (TSOUMIS, 1991; MARRA, 1992).

De acordo com Galvão e Jankowsky (1985, p.41) “a variação dimensional em qualquer das três direções estruturais da madeira é calculada como percentagem da variação em relação à dimensão inicial”. Os autores ainda descrevem que a variação volumétrica de uma determinada peça, pode ser calculada através da tomada de seu peso verde e peso seco, ou pode ser estimada por meio dos valores das variações transversais e longitudinais.

Os maiores valores referente a alterações dimensionais é percebido no sentido tangencial, seguido do radial, o qual apresenta cerca de metade de seu valor, e por último o longitudinal que resulta em valores negligíveis (PANSWIN; DE ZEEUW, 1980; TSOUMIS, 1991; MARRA, 1992; REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI, 1995; GLASS; ZELINKA, 2010).

Segundo Skaar (1972) a contração para maioria das espécies varia entre 6,0 a 12,0% para a contração tangencial, 3,0 a 6,0% para a contração radial e 0,1 a 3,0% para a contração longitudinal. Já Pfeil e Pfeil (2003) descrevem que o valor para a direção tangencial varia entre 5% a 10%, radial resulta na metade do valor encontrado para tangencial, e, longitudinal corresponde de 0,1% a 0,3%. Shmulsky e Jones (2011) ainda complementam que este valor raramente excede 0,4%. Quanto a variação volumétrica, Galvão e Jankowsky (1985) relatam que a mesma apresenta valores entre 10% e 14%.

Brow, Panshin e Forsaith (1949), Tsoumis (1991) e Klock (2000) afirmam que tanto a contração quanto o inchamento diferencial presenciado nas três direções de crescimento, deve-se a estrutura anatômica da parede celular.

A causa da diferença dimensional entre a direção tangencial e radial ainda não estão bem esclarecidas, mas Galvão e Jankowski (1985) explicam que este evento pode ser atribuído aos seguintes fatores: influência dos raios; efeito do maior número de pontuações na parede radial das células; e alternância dos lenhos inicial e tardio. Kollmann e Côté Jr. (1968) e Tsoumis (1991) complementam que grande parte destas diferenças se atribuí a presença de raios no sentido radial devido a direção das microfibrilas nas paredes das suas células do parênquima.

As alterações dimensionais entre as direções transversal e longitudinal resultam da desigualdade do ângulo das microfibrilas em cada sentido (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; TSOUMIS, 1991; KLOCK, 2000). Na direção axial “a maioria dos elementos estruturais estão organizados verticalmente, o que faz com que o número de paredes por cm^2 seja bem menor neste sentido” (KLOCK, 2000).

De acordo com Durlo e Marchiori (1992) o coeficiente ou fator anisotrópico corresponde à relação entre a contração tangencial e radial (T/R), sendo o índice mais representativo para avaliar a estabilidade dimensional da

madeira. Os autores ainda estabeleceram uma classificação referente a estabilidade dimensional da madeira com base em seu coeficiente de anisotropia, como segue: 1,2 a 1,5 - considerada excelente; 1,5 a 2,0 - considerada normal; maior que 2,0 – considerada como ruim. Rocha (2000) complementa que a madeira pode ser instável se ela apresentar coeficiente de anisotropia de contração baixo, mas sua contração tangencial e radial for alta. Galvão e Jankowsky (1985) relatam que para uma madeira ser considerada estável tanta a relação T/R como os valores absolutos de contração tangencial e radial devem ser baixos. Já Klock (2000) afirma que o valor ideal para anisotropia corresponde a 1, pois nesta situação as alterações dimensionais tangenciais e radiais seriam nulas ou idênticas.

O conhecimento do coeficiente de anisotropia é relevante para se ter uma prerrogativa do comportamento da madeira no processo de secagem ou acondicionamento (DURLO; MARCHIORI; 1992), pois nestas condições a madeira está sujeita a apresentar defeitos como: curvaturas, torções, rachaduras, abaulados e empenamentos (KLOCK, 2000). Destaca-se que além da secagem/acondicionamento, este índice tem importância no desdobro da madeira, na escolha da espécie para a produção de determinado produto, no acabamento, entre outros (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). Glass e Zelinka (2010) ressaltam a necessidade do conhecimento da estabilidade dimensional quando um produto à base de madeira será exposto a grandes oscilações de umidade em seu ambiente de uso.

Keinert Jr (1989) recomenda que quando se trabalha com painéis sólidos, deve-se utilizar tábuas obtidas radialmente de espécies com baixa contração radial. Já Gaspar et al. (2005) afirmam que a ocorrência de variações dimensionais na madeira durante e após a cura do adesivo, podem prejudicar as ligações adesivas pelo fato de introduzirem tensões elevadas na junta colada.

2.3.2 Propriedades Químicas

2.3.2.1 Extrativos

Extrativos são substâncias orgânicas de peso molecular baixo, presentes na madeira em menor quantidade em relação aos outros componentes da parede celular (celulose, polioses e lignina) (FENGEL; WEGENER, 1989; SJÖSTRÖM, 1993; BIERMANN, 1996). Dentre a vasta gama de extrativos, os quais apresentam composição química variável, incluem-se: taninos, gomas, resinas, ceras, óleos, gorduras, hidratos de carbono, ácidos, açúcares, amido, alcaloides, corantes, fenólicos simples e complexos, terpenos, etc (PETTERSEN, 1984; TSOUMIS, 1991; MARRA 1992; MALONEY, 1993; IWAKIRI, 2005; ROWELL; PETTERSEN; TSHABALALA, 2013).

O tipo e a quantidade de extrativos variam de espécie para espécie e dentro do próprio indivíduo, pois os extrativos encontram-se altamente concentrados no cerne, na casca, nas raízes, entre outros (FENGEL; WEGENER, 1989; BIERMANN, 1996).

Segundo Rowell, Pettersen e Tshabalala (2013), coníferas apresentam maior teor de extrativos do que as folhosas. Biermann (1996) complementa que este teor se encontra em torno de 3-8% em coníferas e 1-5% em folhosas.

O teor de extrativos presente na madeira pode ser obtido por meio de extração com solventes orgânicos ou água (PETTERSEN, 1984; FENGEL; WEGENER, 1989; BIERMANN, 1996; ROWELL; PETTERSEN; TSHABALALA, 2013).

2.3.2.2 Lignina

A lignina, depois da celulose, é a substância orgânica mais presente nos tecidos vegetais e também é o segundo polímero mais abundante na terra (RAMOS, 2003; ZANUNCIO; COLODETTE, 2011).

Sua descoberta se deu no ano de 1938 por Anselme Payen (MESHITSUKA; ISOGAI, 1996; ZANUNCIO; COLODETTE, 2011), quando o químico submeteu a madeira a um tratamento químico com ácido sulfúrico concentrado (ZANUNCIO; COLODETTE, 2011).

Esta substância consiste em um polímero complexo, amorfo, tridimensional, aromático, com alto peso molecular, composta por uma base de unidades estruturais de fenilpropano (KOLLMANN; CÔTÉ JR., 1968; ALDER, 1977; BIERMANN, 1996; MESHITSUKA; ISOGAI, 1996; TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996; DIMMEL, 2010). Sua formação se dá por meio dos seguintes precursores: álcoois p-cumarílico, coniferílico e sinapílico (ALDER, 1977; FENGEL; WEGENER, 1989; SALIBA, et al., 2001; RAMOS, 2003).

No tecido vegetal, a lignina encontra-se distribuída na parede celular secundária e na lamela média (CÔTÉ, 1977; BIERMANN, 1996; ROWELL; PETTERSEN; TSHABALALA, 2013). Côté (1977) e Biermann (1996) afirmam que este polímero se apresenta em maior concentração na lamela média, já Rowell, Pettersen e Tshabalala (2013) discordam desta teoria, explicando que “por causa da diferença no volume da lamela média e da parede celular secundária, cerca de 70% da lignina está localizada na parede celular”.

Segundo Sjöström (1993) e Meshitsuka e Isogai (1996), a lignina é classificada de acordo com seus elementos estruturais. Dimmel (2010) complementa que a estrutura da lignina pode variar dentro de uma mesma planta.

As gimnospermas apresentam como principal precursor da lignina o álcool coniferílico, já nas angiospermas este polímero é sintetizado pelos álcoois coniferílico e sinapílico (SJÖSTRÖM, 1993; BIERMANN, 1996; DIMMEL, 2010).

Em termos de proporção, em coníferas a lignina encontra-se na faixa de 25-35%, enquanto nas folhosas este valor fica em torno de 18-25% (BIERMANN, 1996; SAKA, 2001).

A função desempenhada pela lignina nas plantas concentra-se principalmente no auxílio da circulação de água (SALIBA et al., 2001; DIMEL, 2010), além do transporte de nutrientes e metabólitos (SALIBA et al., 2001). Também se ressalta que este polímero proporciona dureza, rigidez e resistência a parede celular (MARRA, 1992; BIERMANN, 1996; MESHITSUKA; ISOGAI, 1996; TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996; SALIBA et al., 2001).

Devido a lignina ser um polímero reticulado, sua extração da madeira é dificultada, pois a mesma apresenta resistência a solventes, requisitando processos mais trabalhosos para sua quantificação (MARRA, 1992).

2.3.2.3 Cinzas

A parte inorgânica da madeira são as cinzas, obtidas após o processo de combustão controlada da madeira (PETTERSEN, 1984; FENGEL; WEGENER, 1989; SJÖSTRÖM, 1993; BIERMANN, 1996; BAEZA; FREER, 2001). Este material é constituído por inúmeros sais, sendo os principais: potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, sílica, sulfato, fosfato, cloreto e carbonato (SJÖSTRÖM, 1993; BIERMANN, 1996; BAEZA; FREER, 2001). Na madeira estes sais encontram-se depositados nas paredes celulares e no lúmen (SJÖSTRÖM, 1993), porém não são distribuídos uniformemente (BAEZA; FREER, 2001).

Baeza e Freer (2001) relatam que a composição inorgânica de uma árvore é dependente de seu habitat e da adubação recebida. Rowell, Pettersen e Tshabalala (2013) complementam que alguns destes sais são essenciais para o desenvolvimento de um indivíduo.

A presença de cinzas na madeira, não afeta diretamente a performance da ligação adesiva, mas pode alterar o pH da madeira e em alguns casos onde o conteúdo de sílica é elevado, a usinabilidade da madeira compromete o

desempenho do maquinário utilizado devido seu desgaste (MARRA, 1992; IWAKIRI, 2005).

Tsoumis (1991) descreveu que o teor de cinzas em coníferas encontra-se entre 0,02 – 1,1% e em folhosas 0,1 – 5,4%. Já Biermann (1996) descreve que estes valores apresentam limítrofes superiores mais baixos: coníferas 0,2 – 0,5% e em folhosas 0,4 – 0,8%.

2.3.2.4 pH

O pH foi descoberto pelo bioquímico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen em 1909 (SØRENSEN, 1909 citado por JENSEN, 2004; CAMÕES, 2010). Stamm (1964) e Albin (1975) complementam que o pH se refere a acidez ou a basicidade de uma solução, a qual é dependente da concentração de íons de hidrogênio presentes.

Segundo Stamm (1964) o pH da madeira varia de 3,0 a 5,5. Já Marra (1992) e Iwakiri (2005) afirmam que este valor fica em torno de 3 a 6. Recentemente Rowell, Pettersen e Tshabalala (2012) relataram valores limítrofes de 4,2 a 5,3. De acordo com Stamm (1964) e Iwakiri (2005), o pH sofre influência dos extrativos e das cinzas presentes na madeira.

2.4 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PAINEL EGP

2.4.1 Fatores inerentes a madeira

2.4.1.1 Massa específica e Porosidade

No que diz respeito a colagem, a massa específica influencia na penetração do adesivo e na formação da ligação adesiva (MARRA, 1992).

Destaca-se que espécies que apresentam baixa massa específica são mais fáceis de colar, pois são constituídas por paredes finas e apresentam uma quantidade maior de espaços vazios em relação as madeiras de alta massa específica, possibilitando uma melhor penetração do adesivo (VICK, 1999; IWAKIRI, 2005).

Os espaços vazios, o qual já foi citado anteriormente, refere-se à porosidade da madeira, a qual apresenta uma relação inversa com a massa específica (MARRA, 1992; IWAKIRI, 2005). De acordo com Iwakiri (2005), “quanto mais porosa a madeira, maior será a penetração do adesivo na estrutura lenhosa”.

2.4.1.2 Teor de umidade

O teor de umidade presente na madeira é de extrema importância quando se refere a colagem, pois o mesmo pode afetar a qualidade da ligação adesiva e conseqüentemente o desempenho do produto final (SELBO, 1975).

De acordo com Iwakiri (2005), a influência que a umidade exerce sobre o adesivo, “está relacionada com a quantidade e o ritmo de absorção do adesivo líquido pela madeira”. Marra (1992) complementa que o aumento da umidade provoca maior mobilidade do adesivo no substrato.

Ao que corresponde ao desempenho do produto final, o mesmo pode ser comprometido pela alteração da umidade relativa presente no ambiente de uso, a qual leva a alterações dimensionais e estas por sua vez causam tensões na linha de cola (SELBO, 1975; MARRA, 1992; IWAKIRI, 2005).

Segundo Silva, Tomaselli e Iwakiri (1998) não se recomenda efetuar aplicação de adesivo quando a madeira se apresenta com teor de umidade acima de 20%, pois nestas condições a linha de cola formada não será satisfatória. Outros autores recomendam limites de teor de umidade necessários para que a colagem seja bem sucedida: 7 a 10% (WENGERT, 2002); 6 a 14% (TIENNE, 2006); 6 a 17% (SELBO, 1975).

Selbo (1975) afirma que os limites exatos de umidade variam com o tipo de adesivo e formulação. Tienne (2006) complementa que se a madeira

apresentar valor de teor umidade abaixo ao limite inferior recomendado, deve-se ter uma formulação específica do adesivo para esta condição.

2.4.1.3 Extrativos

A presença de extrativos na madeira, quando presentes em grande quantidade, pode influenciar o processo de colagem química e fisicamente (FENGEL; WEGENER, 1989; DUNKY, 2003; FRIHART; HUNT, 2010).

Os extrativos interferem fisicamente no processo de colagem afetando a umectação e conseqüentemente a ligação adesiva, quando se tem uma superfície inativa ou contaminada (HILLIS, 1986; HSE; KUO, 1988; PODGORSKI et al., 2000; SERNECK, 2002; IWAKIRI, 2005; FRIHART; HUNT, 2010). Isto normalmente ocorre durante o processo de secagem da madeira, onde inicialmente os extrativos solúveis em água são conduzidos até a superfície juntamente com a água presente na madeira e ali são depositados como sólidos (HSE; KUO, 1988; SERNECK, 2002). Já a migração de extrativos insolúveis em água para a superfície se dá por meio de fluxo de massa ou na forma de vapor (SERNECK, 2002).

Hse e Kuo (1988) fizeram uma revisão abrangendo a influência dos extrativos na colagem e no acabamento de madeira e concluíram que a migração dos extrativos para a superfície da madeira, quando esta é submetida a altas temperaturas, pode criar dificuldades ao processo de colagem:

- Grandes depósitos de extrativos na superfície de colagem bloqueiam os locais de reação, evitando assim a ancoragem de adesivos;
- A incompatibilidade química entre os extrativos e o adesivo resulta em colagens inferiores;
- Os extrativos influenciam a molhabilidade e a polaridade da superfície da madeira de modo que a relação molhabilidade-permeabilidade de um adesivo particular é alterado.

Sernek (2002) estudou a influência da temperatura na superfície inativada das espécies de *Liriodendron tulipifera* e *Pinus taeda* e concluiu que quanto mais elevada a temperatura de secagem mais rápida é a migração dos extrativos e conseqüentemente quanto mais inativada a superfície, menor a capacidade de umedecimento, e mais fraca é a ligação adesiva.

2.4.1.4 pH

No processo de colagem, o pH pode afetar a cura do adesivo além de prejudicar a sua fluidez, umectação e penetração na madeira (MOSLEMI, 1974; SUBRAMANIAN, 1984; IWAKIRI, 2005; PINTO, 2011). Marra (1992) explica que a interferência na colagem se dá por meio da interação do pH do adesivo com o pH da madeira, principalmente quando o adesivo utilizado é sensível a acidez.

Na pesquisa realizada por Johns e Niazi (1980) com o objetivo de correlacionar o efeito do pH da madeira com o tempo de gelatinização da resina uréia-formaldeído, os autores determinaram o pH de 19 espécies encontrando uma faixa de 4,00 a 5,86 para folhosas e 4,02 a 5,82 para coníferas.

2.4.2 Fatores inerentes ao processo de colagem

Segundo Iwakiri (2005), Bustos et al. (2003) e Nascimento et al. (2013) além dos fatores inerentes a madeira, o tipo e a quantidade de adesivo como também os parâmetros do ciclo de prensagem (temperatura, pressão e tempo de prensagem) afetam a qualidade do painel.

De acordo com Selbo (1975) o processo de colagem inicia com a preparação do adesivo, o qual posteriormente é aplicado em uma ou em ambas as superfícies a serem coladas, para na sequência proceder com a

montagem do painel e encaminha-lo para a prensagem; após prensado, o painel é condicionado para completar a cura do adesivo e estabilizar.

2.4.2.1 Parâmetros de prensagem

Segundo Selbo (1975), Lopes (2008) e Frihart e Hunt (2010) a pressão aplicada durante a prensagem de um material, permite que o adesivo entre em contato com a superfície da madeira, na sequência penetre sua estrutura, formando por fim uma película fina e uniforme, com resistência necessária para manter a união.

Tienne (2006) e Frihart e Hunt (2010) descrevem que se ocorrer a aplicação de pressão maior do que o necessário, o adesivo pode escoar para fora da linha de cola, ao contrário disto, se a pressão for menor que o requerido, o adesivo não penetra corretamente na estrutura da madeira, conseqüentemente não ocorre a formação de uma linha de cola satisfatória.

De acordo com River e Okkonen (1991) e Tienne (2006), a quantidade pressão é definida com base na massa específica da madeira. Marra (1992) corrobora que madeiras com alta massa específica exigem pressões mais altas quando comparado a madeiras de baixa massa específica.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores de pressão em função da massa específica da madeira sugeridas por alguns autores.

TABELA 1 - PRESSÃO RECOMENDADA PARA DIFERENTES MASSA ESPECÍFICAS DA MADEIRA.

Massa específica <0,50 g/cm ³	Massa específica 0,50 a 0,75 g/cm ³	Massa específica >0,75 g/cm ³	Referência
Pressão (MPa)			
0,3 à 0,6	-----	0,6 à 1	Goulding, 1983
0,6 à 1,0	1,0 à 1,3	1,3 à 1,7	River; Okkonen, 1991
0,6 à 1,0	-----	1,3 à 1,7	Marra, 1992
0,7	-----	1,7	Frihart; Hunt (2010)

Carrasco (1989) confeccionou vigas com as madeiras de *Berholletia excelsa*, *Pinus elliottii*, *Araucaria angustifolia* e *Apidosperma polyneuron*, e as resinas resorcinol e acetato de polivinila (PVA), aplicando 0, 200, 400, 600, 800

e 1000 KPa de pressão, concluindo que a pressão ideal varia no intervalo de 550 a 650 KPa (0,5 a 0,6 MPa) para os dois adesivos e para as diversas espécies de madeira estudadas.

Nascimento et al. (2002) produziu juntas com as madeiras de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus citriodora* e o adesivo resorcinol nas gramaturas 300 g/m² e 600 g/m², utilizando 0,6 MPa, 1,0 MPa e 1,4 MPa de pressão na colagem. Os autores concluíram que o aumento da gramatura melhorou a resistência da ligação adesiva na madeira de pinus e a melhor pressão de colagem para esta madeira foi de 1,0 MPa.

O tempo de prensagem é definido em função do adesivo utilizado na colagem, do teor de umidade da madeira e da temperatura de prensagem (SELBO, 1975; MARRA, 1992). De acordo com Marra (1992) e Wengert (2002), quando o substrato apresenta teor de umidade elevado, a perda de umidade do adesivo é retardada, necessitando o aumento do tempo de prensagem. Ao contrário do teor de umidade, se a temperatura ambiente ou da prensa utilizada está elevada, o tempo de prensagem precisa ser reduzido pois a reação de cura do adesivo é acelerada nestas condições (SELBO, 1975; MARRA, 1992; WENGERT, 2002).

Wengert (2002) complementa que além dos fatores já descritos, a umidade relativa do ar interfere no processo de cura do adesivo, como também as características da madeira devem ser levadas em consideração para determinação do tempo de prensagem.

Para Frihart e Hunt (2010) quando a prensagem é efetuada a temperatura ambiente, o tempo de prensa pode ser de 15 minutos ou até 24 horas. Já Wengert (2002) recomenda que a temperatura ambiente deve estar em torno de 20°C, ressaltando que o processo de colagem pode ser conduzido abaixo desta temperatura mas deve sempre ser respeitado a temperatura mínima de uso do adesivo.

2.4.2.2 Tipo e quantidade de adesivo

Para escolher um adesivo, primeiramente deve-se saber qual produto irá ser confeccionado e em quais condições será submetido, para posteriormente analisar as suas características físico-químicas (FRIHART; HUNT, 2010).

Segundo Iwakiri et al. (2015), para a produção de painéis EGP os adesivos mais utilizados são o poliacetato de vinila (PVAc) e emulsão polimérica de isocianato (EPI). Estes adesivos e todos os outros comercializados, são classificados de acordo com a sua resistência baseada na classe de durabilidade especificada pela Norma Europeia EN 204 (EN, 2001) e EN 205 (EN, 2002) (Tabela 2).

TABELA 2 – DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE DURABILIDADE.

Classes de durabilidade	Exemplos de condições climáticas e campos de aplicação
D1	Uso Interior em que o teor de umidade da madeira não exceda 15%.
D2	Interior com exposição ocasional a um curto prazo em água condensada ou umidade elevada, desde que o conteúdo de umidade da madeira não exceda 18%.
D3	Interior com exposição frequente a um curto prazo em água condensada ou a exposição excessiva à alta umidade. Exterior não exposto ao tempo.
D4	Interior com exposição frequente a um longo prazo em água condensada ou corrente. Exterior deve ser protegido por um revestimento de superfície adequada.

FONTE: Adaptado da norma EN 204 (EN,2001).

A quantidade (g/m^2) varia conforme o tipo de adesivo utilizado; a espécie de madeira escolhida e a qualidade da sua superfície; a temperatura e a umidade do ar; o tempo de montagem; etc (SELBO, 1975; MARRA, 1992; FRIHART; HUNT, 2010).

Corrêa (1977) citado por Martins (2011) complementa que a quantidade a ser aplicada na junção de peças deve ser suficiente para preencher todo o espaço entre as duas superfícies, porém sem excessos. De acordo com Wengert (2002), a gramatura recomendada é de 180 a 200 g/m^2 .

Almeida (2015) produziu juntas coladas com a madeira de *Cupressus lusitânica* e os adesivos PVA e EPI com as gramaturas de 180 e 200 g/m^2 , e

indicou a utilização do adesivo EPI associado à gramatura de 180 g/m², haja vista a elevada resistência e percentual de falha na madeira.

2.5 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DOS ADESIVOS UTILIZADOS

2.5.1 Acetato de polivinila (PVA)

O acetato de vinila ficou conhecido pela Patente número 271, 381, concedida ao Dr. F. Klatte dos Griseim-Elektron Chemical Works em junho 1912 (KLATTE, 1912 citado por GOULDING, 1983). De acordo com Goulding (1983) entre 1915 e 1925 este monômero foi muito estudado, se tornando disponível comercialmente no ano de 1930. O autor ainda complementa que após a Segunda Guerra Mundial o acetato de polivinila começou a ser utilizado em grande escala na indústria de adesivo. Já Iwakiri (2005) relata que “a emulsão de acetato de polivinila (PVA) foi desenvolvida no início da década de 50”.

Segundo Bandel (1991) a produção de PVA (acetato de polivinila) se dá por meio de duas etapas: na primeira ocorre uma reação de oxidação entre o etileno e ácido acético, resultando em acetato de vinila; já na segunda este monômero é polimerizado em emulsão aquosa formando então o acetato de polivinila. O autor também explica que para a produção de emulsão vinílica, se adiciona catalisadores para acelerar a polimerização, sendo normalmente empregado o álcool polivinílico, mas podendo também ser utilizados derivados celulósicos.

O adesivo PVA apresenta cor clara sendo utilizado na forma fornecida pelo fabricante, resultando em uma linha de cola pouco visível (SELBO, 1975; CONNER, 2001). De acordo com Iwakiri (2005) este adesivo contém de 51-55% de teor de sólidos, uma viscosidade Brookfield de 6000-8000 e seu pH em torno de 4,0-5,0. Goulding (1983) e Garcia e Rech (2011) afirmam que o teor de sólidos deste adesivo está entre 40-60%.

PVA é um adesivo que se caracteriza como termoplástico, ou seja, amolecem e fluem quando aquecidos a uma temperatura elevada e endurecem novamente quando resfriados (SELBO, 1975; BANDEL, 1991; FRIHART; HUNT, 2010). A formação da película adesiva se dá por meio da difusão da água para a madeira, permitindo o coalescência da emulsão de partículas (GOULDING, 1983; CONNER, 2001; FRIHART, 2005; MELO, 2012). Contudo a temperatura para a formação desta película varia conforme a formulação do adesivo e se sua cura será efetivada a frio ou a quente, mas em geral situa-se entre -1°C a 15°C (BANDEL, 1991; GARCIA; RECH, 2011).

De acordo com Goulding (1983) quando se utiliza adesivo PVA para colagem de madeira, é ideal que a mesma apresente um teor de umidade entre 8 e 15%.

Goulding (1983) relata que a aplicação deste adesivo pode ser efetuada manualmente com pincéis, trincha, rolo, espátula lisa ou dentada ou por meio de pistola, e quando mecanizada pode se utilizar máquina de rolos lisos ou com relevo, com ou sem uma lâmina, pelo bocal ou a jato, ou mesmo extrusoras ou sprays. O autor ainda recomenda que é ideal realizar a aplicação do adesivo imediatamente após o beneficiamento da madeira, e que a mesma deve apresentar-se com um teor de umidade entre 8 e 15% e sua superfície deve estar limpa.

O acetato de polivinila (PVA) apresenta as seguintes vantagens: é comercializado já pronto para uso; facilidade e segurança no manuseio; inodoro; não inflamável; secagem rápida sob condições adequadas; ao eliminar a água de sua composição, a sua estrutura química se une formando uma linha de cola homogênea e contínua; a linha de cola é praticamente invisível; fácil limpeza; e pode ser armazenado por um longo período (GOULDING, 1983; HEINRICH, 2002; IWAKIRI, 2005; FRIHART; HUNT, 2010; GARCIA; RECH, 2011). Como desvantagem, este adesivo mostra-se com baixa resistência a umidade e a temperatura elevada (SELBO, 1975; GOULDING, 1983; CONNER, 2001; FRIHART, 2005; IWAKIRI, 2005; FRIHART; HUNT, 2010).

Quando se refere a madeira, o uso de PVA como adesivo pode ser empregado para qualquer operação de colagem (HAUBRICH; GONÇALVES; TONET, 2007), destacando-se: manufatura de painéis colado lateral, *finger-*

joint e colagem de lâminas (IWAKIRI, 2005; HAUBRICH; GONÇALVES; TONET, 2007; FRIHART; HUNT, 2010).

2.5.2 Emulsão Polimérica de Isocianato

De acordo com Wittman (1976) citado por Dinwoodie (1983) a química dos isocianatos orgânicos foi desenvolvida na Alemanha no final de 1930. Conner (2001) complementa que este composto orgânico é obtido através da fosgenação de aminas. O autor ainda relata que o isocianato formado por esse processo, pode ser emulsionado em água, resultando em uma resina adesiva denominada emulsão polimérica de isocianato (EPI).

EPI é um adesivo bicomponente, sendo assim, necessita adição de um endurecedor ou catalisador para acelerar sua reação (VICK, 1999; FRIHART, 2005; LOPES, 2008; LOPES et al., 2013; BILA, 2014). Este adesivo apresenta coloração branca e seu catalisador marrom, quando misturados e aplicados em um substrato formam uma linha de cola incolor (VICK, 1999; FRIHART; HUNT, 2010; ALMEIDA, 2013). Frihart (2005) destaca a necessidade de uma mistura adequada entre os componentes para se obter uma boa colagem.

De acordo com as especificações técnicas apresentadas por Bila (2014), o adesivo EPI EL-70 fabricado pela Momentive Química do Brasil Ltda apresenta de 4000 à 7000 cPs de viscosidade (25°C); 42 à 46% de teor de sólidos; e 7,0 à 8,5% de pH.

Segundo Conner (2001), a viscosidade que o EPI apresenta lhe permite a utilização de equipamento convencional para sua aplicação. Sua cura pode ser obtida em temperatura ambiente ou sob elevada temperatura, mas sempre necessitando o emprego de alta pressão (VICK, 1999; FRIHART; HUNT, 2010). Quanto ao teor de umidade da madeira, Frazier (2003) sugere que o limítrofe superior se localize entre 10 a 15%.

Ao que diz respeito das vantagens deste adesivo podem-se destacar: resistência a umidade e a temperatura elevada; não há emissão de formaldeído; por serem constituídos por isocianato apresentam alta reatividade com grupos que contêm átomos de hidrogênio reativos (VICK, 1999; CONNER,

2001; FRIHART, 2005; ZIMMERMAN, 2006; FRIHART; HUNT, 2010). Quanto as suas desvantagens citam-se: seu custo elevado em relação a outras resinas; a necessidade de mistura com endurecedor/catalisador antes de ser aplicado; e a facilidade em aderir a metais e plásticos (VICK, 1999; CONNER, 2001; FRIHART, 2005; FRIHART; HUNT, 2010).

Este adesivo pode ser usado para a colagem de vigas, painéis estruturais, portas e materiais de arquitetura e para diferentes substratos como metal e plástico (VICK, 1999; FRIHART, 2005; FRIHART; HUNT, 2010; LOPES et al., 2013).

2.5.3 Melamina - uréia - formaldeído

Melamina uréia formaldeído (MUF) é uma resina composta por derivados (uréia, melamina e formaldeído) de petróleo (CAMPOS; LAHR, 2005). O surgimento deste adesivo se deu perante a necessidade da redução dos custos de produção e a melhoria da resistência a umidade (DUNKY, 2003; PIZZI, 2003).

A formulação de MUF pode ser obtida através da mistura de melamina-formaldeído e uréia-formaldeído, ou pela produção de um co-condensado, onde tanto a melamina e a uréia são misturados e reagem em conjunto com o formaldeído (CLAD; SCHMIDT-HELLERAN, 1977 citado por DINWOODIE, 1983). Braun e Ritzert (1987) citado por Pizzi e Ibeh (2014) complementam que a resina obtida por meio de copolimerização durante sua produção, apresentam desempenho superior ao MUF resultante da mistura das resinas já pré-formadas, destacando-se também que esta mistura é difícil de ser efetuada.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores das propriedades para o adesivo MUF encontrados por alguns autores.

TABELA 3 - PROPRIEDADES DO ADESIVO MUF.

Propriedades			Referência
Viscosidade (25°C) (cPs)	Teor de sólidos (%)	pH	
10861	67,42	9,70	Gava, 2014
30569	29,73	7,38	Fonte, 2016
10861	67,40	9,70	Gonçalves et al., 2016

Vick (1999) e Frihart e Hunt (2010) destacam a necessidade da junção de um catalisador ao adesivo MUF antes de seu uso. Já Campos e Lahr (2005) afirmam que o teor de umidade da madeira quando irá se aplicar um adesivo à base de uréia e melamina deve estar entre 5% e 20%.

Quanto a consolidação deste adesivo, a mesma pode ocorrer em temperatura ambiente ou por meio de prensas térmicas, resultando em uma linha de cola incolor (PIZZI, 1983; VICK, 1999; PIZZI, 2003; MIOTTO; DIAS, 2009; FRIHART; HUNT, 2010).

MUF oferece como vantagem seu custo mais baixo em relação a resina melamina-formaldeído, e apresenta baixa emissão de formaldeído (SELBO, 1975; DINWOODIE, 1983; VICK, 1999; CONNER, 2001; FRIHART; HUNT, 2010).

Em relação ao seu emprego como adesivo, pode ser utilizado na colagem de painel aglomerado e MDF; painéis colados lateralmente; madeira laminada colada; *finger-joint*; etc (VICK, 1999; PIZZI, 2003; FRIHART; HUNT, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foi utilizada a madeira de *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall proveniente de um plantio florestal (Figura 3), enquanto que a madeira de *Pinus taeda* L. utilizada como testemunha foi adquirida no comércio de madeira.

FIGURA 3 – PLANTIO DE *Populus deltoides*.



FONTE: A autora (2015).

O plantio de *Populus deltoides*, conhecido popularmente como álamo, encontra-se na Fazenda Prata localizada no município de União da Vitória - PR (Figura 4), de propriedade da empresa Swedish Match do Brasil S.A.

O município de União da Vitória está situado no terceiro planalto paranaense, a uma latitude de 26°13'48" Sul, uma longitude de 51°05'11" Oeste e uma altitude de 830 m. (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES), 2016). O clima nesta região é temperado úmido com verão temperado (Cfb), onde a temperatura no mês mais frio é abaixo de 18°C e do mês mais quente é inferior

a 22°C, e não apresenta estação de seca definida. (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), 2016).

FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DO PLANTIO DE *Populus deltoides*.



FONTE: Abreu (2006).

Foi selecionado aleatoriamente cinco árvores de *Populus deltoides*, adotando-se como critério o diâmetro mínimo de 14 cm. As árvores selecionadas foram derrubadas e seccionadas em quatro toras de 1,5 m de comprimento (Figura 5). Na época em que se sucedeu o corte (julho/2015), o povoamento apresentava-se com 11 anos de idade.

FIGURA 5 – TORAS COM 1,5 M DE COMPRIMENTO DA ESPÉCIE *Populus deltoides*.



FONTE: A autora (2015).

As toras de *Populus deltoides*, foram acondicionadas em local sombreado até reduzirem sua umidade. Isto se fez necessário devido a época de corte concentrar-se em um período chuvoso. Após este período, o material foi encaminhado a uma serraria para desdobro em serra fita, obtendo-se tábuas de uma polegada (2,54 cm) de espessura, com largura e comprimento variável.

A madeira de *Pinus taeda* utilizada nesta pesquisa, provém de árvores de 19 anos de idade e seu plantio está localizado na cidade de Ponta Grossa no Estado do Paraná. Destaca-se que esta madeira foi adquirida na Madeireira Santo Antônio na forma de tábuas.

Os adesivos utilizados nesta pesquisa foram: PVA D3 monocomponente (9595), PVA D4 monocomponente (9597), EPI (1911) e MUF estrutural (1242). Ambos os adesivos foram fornecidos pela Akzo Nobel.

3.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

3.2.1 Propriedades Químicas

Para a execução das análises químicas da madeira de cada espécie, primeiramente foram retirados pequenos filetes de madeira das tábuas de *Populus deltoides* e *Pinus taeda*, com auxílio de uma serra circular. Os filetes foram inseridos em picador/triturador forrageiro (marca: Trapp / modelo: TRF 60) para obtenção de pequenos cavacos.

Seguindo as recomendações da Norma TAPPI 257 (TAPPI, 2002), os cavacos obtidos foram inseridos em moinho de facas tipo Wiley para serem transformados em serragem. Na sequência, o material resultante do moinho, passou pela classificação por conjunto de peneiras, onde se utilizou o material passante na peneira de malha 40 mesh e retido na de 60 mesh.

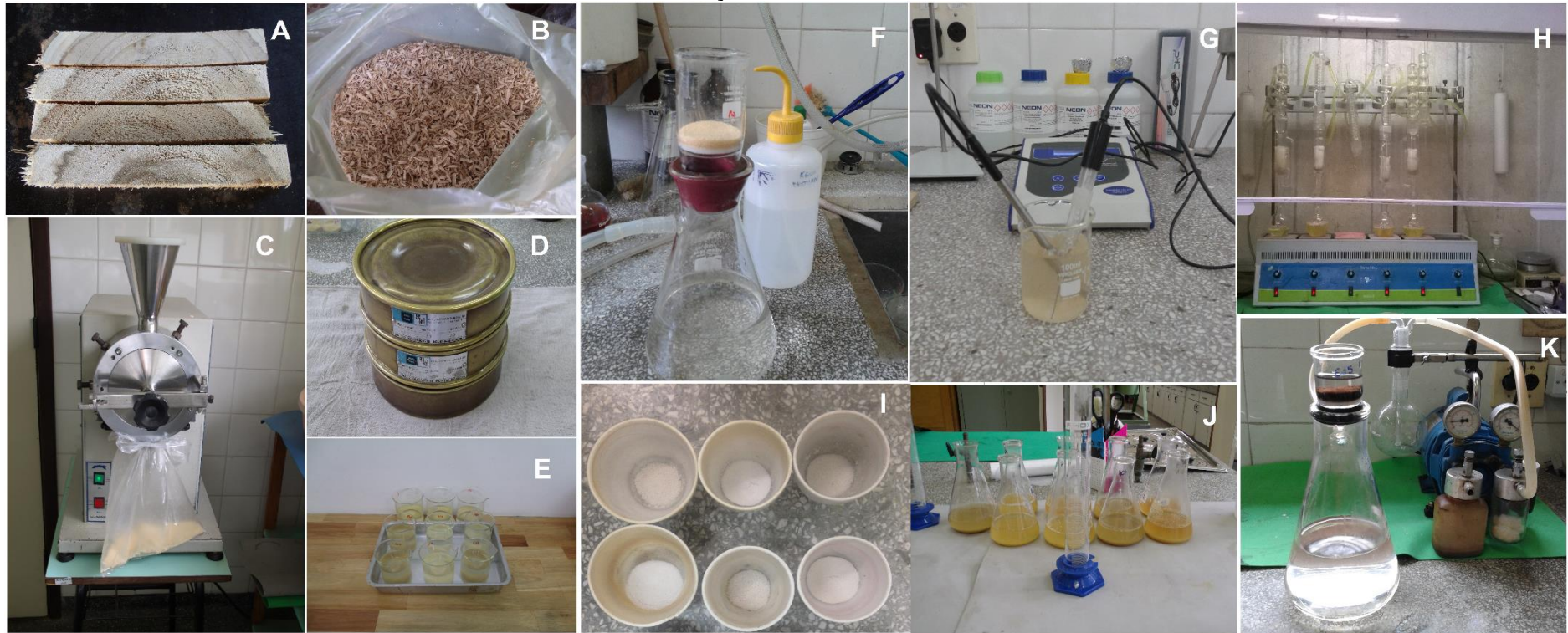
As determinações dos componentes químicos, foram realizadas no Laboratório de Química da Madeira da UFPR, sendo utilizado para cada

análise três repetições por amostra. As análises realizadas e as normas utilizadas foram as seguintes:

- Umidade da madeira (serragem): TAPPI 264 (TAPPI, 1997);
- Solubilidade em hidróxido de sódio (NaOH): TAPPI 212 (TAPPI, 2002);
- Solubilidade em água fria: TAPPI 207 (TAPPI, 1999);
- Solubilidade em água quente: TAPPI 207 (TAPPI, 1999);
- Extrativos em etanol – tolueno: TAPPI 204 (TAPPI, 1997);
- Extrativos totais: TAPPI 204 (TAPPI, 1997);
- Teor de lignina: TAPPI 222 (TAPPI, 2002);
- Cinzas na madeira: TAPPI 211 (TAPPI, 2002);
- pH: TAPPI 252 (TAPPI, 2002).

O processo de determinação das propriedades químicas está ilustrado na Figura 6.

FIGURA 6 – DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS.



FONTE: A autora (2015).

NOTAS: A – filetes de madeira; B – cavacos obtidos no moinho; C – moagem no moinho de facas tipo Wiley; D – classificação do material; E – solubilidade em água fria; F – solubilidade em água quente; G – pH; H – extrativos totais; I – cinzas na madeira; J – solubilidade em hidróxido de sódio; K – teor de lignina.

3.2.2 Propriedades físicas

3.2.2.1 Massa específica e teor de umidade

Para a determinação da massa específica verde, básica e a 0% de umidade, utilizou-se os corpos de prova empregados para a determinação da retratibilidade (Figura 8) e a norma COPANT 461 (COPANT, 1972). Já para o cálculo da massa específica aparente (15% de umidade) e do teor de umidade das espécies, utilizou-se os sarrafos empregados na colagem lateral e de topo (Figura 7) e as normas EN 323 (EN, 2002) e EN 322 (EN, 2002).

FIGURA 7 – SARRAFOS UTILIZADOS PARA COLAGEM LATERAL E DE TOPO.



FONTE: A autora (2015).

3.2.2.2 Determinação da estabilidade dimensional

Para a confecção dos corpos de prova da madeira de *Populus deltoides*, utilizou-se duas árvores, as quais já se encontravam seccionadas em 4 toras cada uma. De cada tora, foram retirados dois toretes de 35 cm de comprimento, sendo um em cada extremidade. Já para o *Pinus taeda*, foram duas tábuas.

De posse dos corpos de prova, prosseguiu-se com as medições em seu estado verde (saturado) (Figura 8) e a 0% de umidade, seguindo as recomendações da norma COPANT 462 (COPANT, 1972).

FIGURA 8 – PESAGEM E MEDIÇÃO NO ESTADO SATURADO.



FONTE: A autora (2015).

3.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS ADESIVOS

Foram determinadas as seguintes propriedades dos adesivos PVA D3, PVA D4, EPI e MUF: viscosidade, teor de sólidos e pH.

O teor de sólidos foi determinado de acordo com a Norma EN 827 (EN, 2006), utilizando cinco repetições para cada adesivo. As amostras compreenderam $1 \pm 0,1$ g de resina por recipiente, os quais permaneceram na estufa a temperatura de $105 \pm 1^\circ\text{C}$ por 60 ± 5 min, para a evaporação total dos seus componentes voláteis, conforme ilustrado na Figura 9.

Para a determinação da viscosidade, baseada na Norma EN 19092 (EN, 2000), utilizou-se um viscosímetro *Brookfield* e o *spindle* de número 3 e 4 para a agitação do adesivo nas rotações de 2, 4 e 10 rpm (Figura 9). Manteve-se as resinas a temperatura de 25°C para a execução do ensaio, o qual foi repetido por cinco vezes para cada adesivo.

O pH dos adesivos foi determinado por meio de um pH-metro calibrado a valores de pH 4 e 7 para os adesivos PVA D3 e D4, e pH 7 e 10 para EPI e MUF. Para ambas as calibrações se utilizou soluções tampões padronizadas. O ensaio foi conduzido a temperatura de 25°C e empregou-se três repetições para cada resina. Para a determinação do pH utilizou a norma EN 1245 (EN, 2011). Na Figura 9 encontra-se ilustrada a medição de pH.

FIGURA 9 – DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS.



FONTE: A autora (2015).

NOTAS: A – teor de sólidos; B – pH; C – viscosímetro Brookfield.

3.4 CONFECÇÃO DAS EMENDAS DE TOPO E DAS JUNTAS COLADAS

As emendas de topo foram confeccionadas utilizando madeira de duas espécies e um adesivo conforme delineamento experimental apresentado na Tabela 4.

TABELA 4 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DAS EMENDAS DE TOPO.

Tratamento	Espécie	Adesivo	Nº de emendas coladas
1	<i>Populus deltoides</i>	PVA D3	21
2	<i>Pinus taeda</i>	PVA D3	19
3	<i>Populus deltoides / Pinus taeda</i>	PVA D3	18

FONTE: A autora (2016).

Quanto as juntas coladas, utilizou-se madeira de duas espécies, quatro adesivos, gramatura de 180 g/m² e cinco repetições por tratamento, conforme delineamento experimental apresentado na Tabela 5.

TABELA 5 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DAS JUNTAS COLADAS.

Tratamento	Espécie	Adesivo
1	<i>Populus deltoides</i>	PVA D3
2	<i>Populus deltoides</i>	PVA D4
3	<i>Populus deltoides</i>	EPI
4	<i>Populus deltoides</i>	MUF
5	<i>Pinus taeda</i>	PVA D3
6	<i>Pinus taeda</i>	PVA D4
7	<i>Pinus taeda</i>	EPI
8	<i>Pinus taeda</i>	MUF
9	<i>Populus deltoides</i> / <i>Pinus taeda</i>	PVA D3
10	<i>Populus deltoides</i> / <i>Pinus taeda</i>	PVA D4
11	<i>Populus deltoides</i> / <i>Pinus taeda</i>	EPI
12	<i>Populus deltoides</i> / <i>Pinus taeda</i>	MUF

FONTE: A autora (2016).

3.4.1 Produção dos Sarrafos

As tábuas de *Populus deltoides* e as tábuas de *Pinus taeda*, foram submetidas a uma serra circular e na sequência passaram pela plaina elétrica, para a confecção de sarrafos de 2,00 x 6 x 100 cm para emenda de topo e 2,00 x 5 x 100 cm para juntas coladas.

Com a espessura já acertada, os sarrafos passaram novamente pela serra circular para serem seccionados em comprimento, resultando então em peças de 2 x 6 x 70 cm e 2 x 5 x 31 cm.

As peças com dimensões de 2 x 6 x 70 cm foram enviadas a empresa Linea Brasil, localizada em Curitiba – PR, para a realização das ranhuras na seção transversal (*finger – joint*) por meio de uma tupia dotada de fresa, formando então as emendas de topo.

3.4.2 Colagem das emendas de topo e das juntas coladas

Para a colagem de topo, foi utilizado o adesivo PVA D3 monocomponente (9595) aplicado em 50% do dente com o auxílio de um pincel (FIGURA 10).

A prensagem das emendas de topo se deu por meio da união de dois sarrafos, com encaixe macho e fêmea, inseridos em manivelas com rosca. Também ressalta-se que pressão exercida pela prensa não foi controlada, pois seu fechamento se procedeu manualmente, até observar contato e escoamento do adesivo

Foram utilizados quatro tipos de adesivos para a colagem lateral: PVA D3, PVA D4, EPI e MUF. Pelo fato do EPI e do MUF serem termorrígidos, utilizou-se catalisadores para a ativação dos mesmos.

A aplicação do adesivo nos sarrafos que compõe as juntas, se deu por meio de uma espátula, controlando-se a sua distribuição ao longo da peça visualmente (Figura 10).

A gramatura dos adesivos de 180 g/m² na colagem lateral, foi controlada por meio de uma balança digital com capacidade de 2,000 kg e precisão de 0,01. A quantidade de adesivo a ser aplicada foi calculada através da seguinte equação:

$$Pa = g \times A$$

onde:

Pa: peso do adesivo utilizado na colagem (g);

g: gramatura definida (g/m²);

A: área transversal do sarrafo (m²).

Após a aplicação do adesivo, os sarrafos foram unidos dois a dois, formando a junta colada. A prensagem destas peças foi efetuada para cada tratamento por meio de um aparato de ferro com dois suportes nas extremidades em formato “de calha”, conectados por barras e apertados com o auxílio de um torquímetro da Torcoflex, modelo K3550, regulado para gerar um torque de 0,6 MPa (Figura 10).

Ao término da colagem das emendas de topo e das juntas, estas foram acondicionadas a temperatura ambiente pelo período de 7 dias para sua cura total e estabilização.

FIGURA 10 – COLAGEM TOPO E LATERAL.



FONTE: A autora (2015).

NOTAS: A e B – colagem de topo; C e D – Colagem lateral.

3.5 CONFECÇÃO E ENSAIO DOS CORPOS DE PROVA DAS EMENDAS DE TOPO E DAS JUNTAS COLADAS

Os corpos de prova das emendas de topo foram confeccionados seguindo as recomendações da norma ASTM D5572-95 (ASTM, 2005), para serem submetidos ao ensaio de flexão estática e tração paralela. Para a execução dos ensaios, os corpos de prova passaram por pré-tratamentos sugeridos pela referida norma conforme a Tabela 6 e foram ensaiados na sequência. Ao término do ensaio de tração paralela, quantificou-se visualmente a falha na madeira.

TABELA 6 - PRÉ-TRATAMENTOS PARA OS ENSAIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO PARALELA.

Pré-tratamento	Procedimentos
Seco	O corpo de prova é ensaiado a seco
Alta Temperatura	6 horas em estufa à $104 \pm 3^\circ\text{C}$ seguido de ensaio imediato
Ciclo Triplo	Imersão em água a temperatura ambiente (25°C) por 4 horas com posterior secagem por 19 horas em estufa à $41 \pm 3^\circ\text{C}$ – Repete-se o ciclo por 3 vezes e ensaia-se os corpos de prova na condição ambiente

FONTE: ASTM 5572 (2005).

Os resultados obtidos para o ensaio de tração paralela e flexão estática, foram comparados ao especificado pela norma ASTM D 5572-95 (ASTM, 2005). Para o ensaio de tração paralela, a emenda deve apresentar resistência superior a 13,8 MPa e falha da madeira superior a 60% para coníferas e 30% para folhosas, referente ao ensaio testado na condição seca. Já para o pré-tratamento ciclo triplo, os valores de referência correspondem a 6,9 MPa para a resistência e 30% de falha na madeira para coníferas e 15% para folhosas. Esta norma ainda especifica o valor mínimo exigido de 6,9% para o pré-tratamento temperatura elevada, porém não consta descrição para falha na madeira. Quanto ao ensaio de flexão estática, a norma ASTM D 5572-95 (ASTM, 2005) descreve os seguintes requerimentos para o modulo de ruptura: 13,8 MPa para ensaio na condição seca e 6,9 MPa para condição ciclo triplo.

Os corpos de prova das juntas coladas para avaliação da resistência ao cisalhamento da linha de cola foram confeccionados conforme as normas EN 13353 (EN, 2003) e EN 13354 (EN, 2003).

Na Tabela 7 estão apresentados os pré-tratamentos empregados de acordo com o adesivo utilizado conforme recomendado pela norma EN 13354 (EN, 2003).

Ao término de cada ensaio foi realizada a avaliação visual da porcentagem de falha na madeira na superfície de ruptura da linha de cola, de acordo com a norma EN 314-1 (EN, 2004).

Os resultados obtidos para quinto percentil inferior calculado conforme a norma EN 326-1 (EN, 2002), foram comparados com os requisitos solicitados pela norma EN 13353 (EN, 2003), onde este valor deve ser igual ou superior a 2,5 MPa e quando não atendido, a média da porcentagem de falha na madeira de cada painel deve ser maior que 40%.

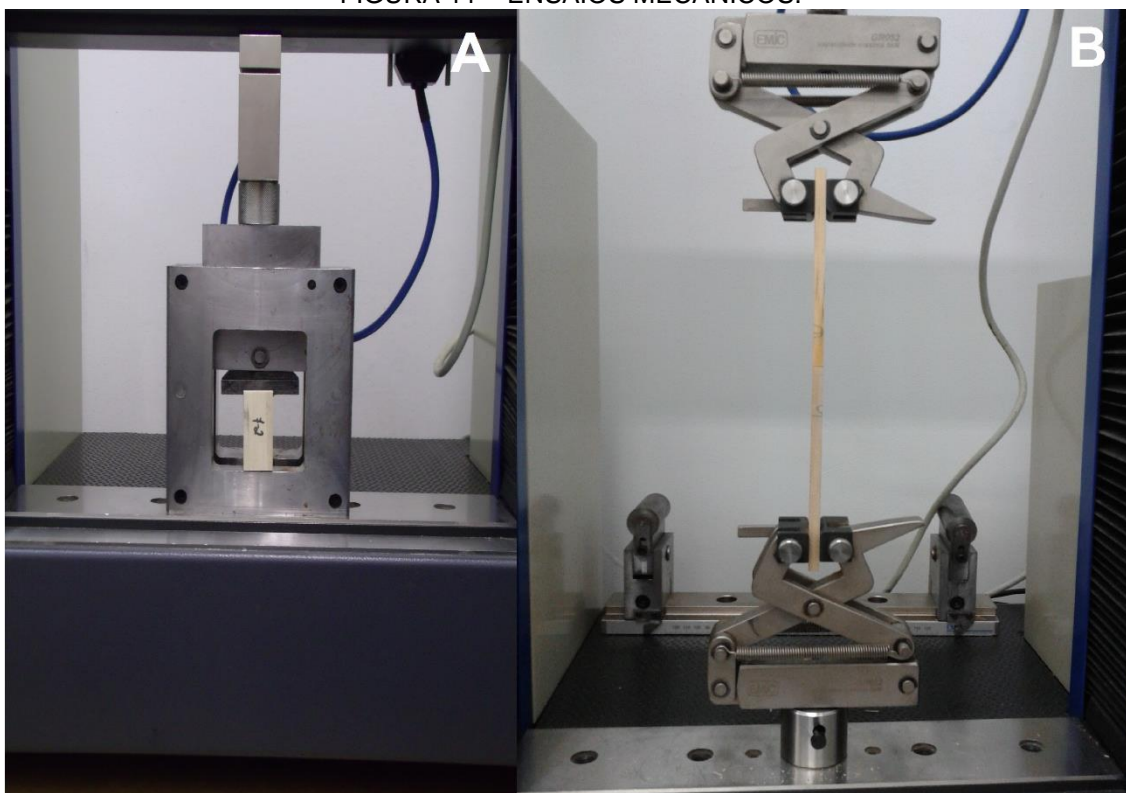
TABELA 7 - PRÉ-TRATAMENTOS PARA ENSAIO DE CISALHAMENTO DA LINHA DE COLA.

Pré-tratamento	Procedimento	Adesivo
Seco	O corpo de prova é ensaiado seco	PVA D3, PVA D4, EPI e MUF
Imersão em água	24 horas imerso em água a temperatura ambiente (25°C)	PVA D4, EPI e MUF
Fervura	6 horas de fervura em banho-maria a 100°C	PVA D4, EPI e MUF
	1 hora de imersão em água a temperatura ambiente (25°C) para resfriamento	
Ciclo	4 horas de fervura em banho-maria a 100°C	MUF
	16 – 20 horas de secagem em estufa a 60°C	
	4 horas de fervura em banho maria a 100°C	
	1 hora de imersão em água a temperatura ambiente (25°C) para resfriamento	

FONTE: EN 13354 (EN, 2003).

Todos os ensaios mecânicos foram conduzidos em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC equipada com célula de carga de 2 toneladas/20000N, conforme ilustrado na Figura 13.

FIGURA 11 – ENSAIOS MECÂNICOS.



FONTE: A autora (2016).

NOTAS: A – ensaio de cisalhamento na linha de cola; B – tração paralela.

3.6 ANÁLISE ESTÁTISTICA

Os resultados obtidos para as propriedades químicas, físicas e para a colagem de topo (flexão estática e tração paralela) foi aplicado as seguintes análises: teste de *Grubb's* para avaliar a ocorrência de *outliers*; teste de *Bartlett* para testar a homogeneidade das variâncias; comprovada a homogeneidade das variâncias foi aplicado a Análise de Variância (ANOVA); havendo rejeição da hipótese de igualdade pela ANOVA, as médias foram comparadas por meio do teste de *Tukey*.

Os resultados de resistência ao cisalhamento obtidos para as juntas coladas foram avaliados por meio de um delineamento fatorial 2x4, sendo duas espécies (*Populus deltoides* e *Pinus taeda*) e 4 adesivos (PVA D3, PVA D4, EPI e MUF), no qual foi submetido as seguintes análises: *Grubb's* para avaliar a ocorrência de *outliers*; teste de *Bartlett* para testar a homogeneidade das variâncias em arranjo fatorial; comprovada a homogeneidade das variâncias foi aplicado a Análise de Variância (ANOVA); havendo rejeição da hipótese de igualdade pela ANOVA, as médias foram comparadas por meio do teste de *Tukey*.

Toda a análise estatística foi efetuada através do pacote estatístico *Statgraphics Centurion XVI*, sendo todos os testes aplicados com 95% de confiabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

4.1.1 Propriedades Químicas

Os resultados médios das propriedades químicas das madeiras estudadas, são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.

Material	Solubilidade			Extrativos		C (%)	L (%)	pH	
	ÁF (%)	ÁQ (%)	NaOH (%)	ET (%)	T (%)			2 h	24 h
<i>Pinus taeda</i>	1,96 b (8,00)	3,03 a (2,71)	9,22 b (1,74)	4,01 a (2,78)	4,85 a (9,60)	0,25 b (15,59)	31,87 a (0,92)	4,73 b (0,60)	4,75 b (0,89)
<i>Populus deltoides</i>	2,62 a (4,39)	3,39 a (7,32)	17,74 a (6,46)	2,45 b (5,62)	3,67 b (1,32)	0,98 a (0,60)	27,01 b (4,85)	6,74 a (0,31)	6,72 a (0,86)

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: AF – água fria; AQ – água quente; Et – etanol tolueno; T – totais; C – cinzas; L – lignina; h – horas. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade. Valor entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação em percentual.

A solubilidade em NaOH e água fria para o *Populus deltoides* (2,62% e 17,74%), foi estatisticamente superior quando comparado ao *Pinus taeda* (1,96% e 9,22%). Já em relação a solubilidade em água quente os valores entre as espécies estudadas foram estatisticamente equivalentes.

O resultado elevado de 17,74% obtido para o teor de componentes solúveis em hidróxido de sódio para a madeira de *Populus deltoides*, pode ser explicado pelo fato que esta análise determina o grau de ataque da madeira por fungos e outros agentes biodegradadores, além de poder ocorrer a solubilização da lignina e das hemiceluloses, conseqüentemente elevando os resultados para este reagente (TRIANOSKI, 2012).

Pinus taeda apresentou valores médios de extrativos em etanol tolueno e em extrativos totais (4,01% e 4,85%) estatisticamente superiores ao *Populus deltoides* (2,45% e 3,67%). Rowell, Pettersen e Tshabalala (2013) corroboram

com esta diferença, afirmando que coníferas apresentam maior teor de extrativos do que as folhosas.

Ambas as espécies estudadas apresentaram baixo teor de extrativos, ou seja, a colagem não sofrerá influência por este constituinte químico da madeira. Segundo Fengel e Wegener (1989), Dunky (2003), Frihart e Hunt (2010) quando a madeira apresenta elevado teor de extrativos a colagem pode ser comprometida quimicamente e fisicamente.

Quanto ao teor de cinzas, o valor médio de 0,98% obtido para *Populus deltoides* foi estatisticamente superior a 0,25% encontrado para *Pinus taeda*. Baeza e Freer (2001) explicam que a composição inorgânica de uma árvore é dependente de seu habitat e da adubação recebida.

O alto teor de cinzas encontrado para a madeira de *Populus deltoides*, pode alterar o pH da madeira, além de desgastar o maquinário utilizado no processamento da madeira quando o conteúdo de sílica presente for elevado (MARRA, 1992; IWAKIRI, 2005).

Em relação ao conteúdo de lignina, o valor de 31,87% encontrado para *Pinus taeda* é estatisticamente superior a 27,01% obtido para *Populus deltoides*. Ressalta-se que este componente, depois da celulose, é a substância orgânica mais presente nos tecidos vegetais (RAMOS, 2003; ZANUNCIO; COLODETTE, 2011).

Verifica-se na Tabela 8 que *Populus deltoides* apresentou maior valor de potencial hidrogeniônico tanto para determinação em 2h quanto para 24h em relação ao *Pinus taeda*, demonstrando-se estatisticamente diferente.

Destaca-se que para ambas as espécies houve uma variação pequena entre as medições, sendo este fato explicado por Trianoski (2012): “o tempo de imersão não exerce grande influência no valor final, e sim, que o efeito da temperatura a qual as amostras são submetidas é suficiente para solubilizar os extrativos que dão origem a propriedade do pH”.

De acordo com a literatura, coníferas apresentam de 0,5-10,6% de solubilidade em água fria; 0,2-14,4% de solubilidade em água quente (TSOUMIS, 1991); 3-8% de extrativos (BIERMANN, 1996); 25-35% de lignina (BIERMANN, 1996; SAKA, 2001). Já as folhosas apresentam de 0,2-8,9% de solubilidade em água fria; 0,3-11,0% de solubilidade em água quente (TSOUMIS, 1991); 1-5% de extrativos (BIERMANN, 1996); 18-25% de lignina.

(BIERMANN, 1996; SAKA, 2001). Dentre os valores limítrofes descritos, apenas a proporção de lignina encontrada para *Populus deltoides* foi superior.

A madeira de *Populus deltoides* resultou em um valor médio de 6,73 de pH, sendo este superior a faixa de 4,00 a 5,86 relatado para folhosas por Johns e Niazi (1980). Para *Pinus taeda* o resultado médio de 4,74, está dentro da faixa de 4,02 a 5,82 descrita por estes mesmos autores para coníferas.

Mattos et al. (2001) estudando as características de *Populus* sp proveniente de Erechim - RS, encontraram valor superior para o teor de extrativos (5,8%) e inferior para lignina (23,1%), quando comparados aos resultados deste estudo para a espécie *Populus deltoides*.

Pettersen (1984) descreveu que a espécie *Populus deltoides* apresenta 15% de solubilidade em NaOH, 2% de solubilidade em água quente, 0,4% de cinzas e 23% de lignina. Quando comparado aos valores obtidos no presente estudo, tem-se que os resultados apresentados na Tabela 8 são superiores ao descrito pelo autor.

Mendes et al. (2002) estudou seis espécies de pinus para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB), e dentre elas, *Pinus taeda* com 11 anos de idade, provenientes de Jaguariaíva - PR. Os autores encontraram valores inferiores ao descrito na presente pesquisa: 1,80% de solubilidade em água fria; 2,44% de solubilidade em água quente; 8,90% de solubilidade em NaOH; 3,03% de extrativos totais; 0,22% de cinzas; e 28,76 de lignina.

Prata (2010) utilizou em sua pesquisa *Pinus taeda* com 18 anos de idade proveniente de Ventania - PR e obteve 1,37% de solubilidade em água fria; 1,79% de solubilidade em água quente; 9,24% de solubilidade em NaOH; 2,86% de extrativos em etanol-tolueno; 3,48% de extrativos totais; 0,23% de cinzas; e 32,00% de lignina. Diante destes resultados, verifica-se que a solubilidade em NaOH e o teor de lignina encontrados pelo autor é superior aos valores obtidos na presente pesquisa.

Trianoski (2010) produziu painéis aglomerados utilizando a madeira de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, *Schizolobium parahyba*, *Toona ciliata*, e, *Pinus taeda* como testemunha, obtendo os seguintes valores para a composição química quantitativa desta última espécie: 2,34% para solubilidade em água fria; 4,72% para solubilidade em água quente; 13,71% para solubilidade em NaOH; 4,06% para extrativos em etanol-

tolueno; 7,37% para extrativos totais; 0,30% para cinzas; e 29,34% para lignina. Destaca-se que dentre os resultados encontrados pela autora, apenas o teor de lignina é inferior ao encontrado no presente trabalho.

Schweitzer (2016) utilizou a madeira de *Pinus taeda* com 17 anos de idade proveniente de Santa Cecília e Ponte Alta do Norte - SC, como testemunha em sua pesquisa sobre a origem do lenho anormal de compressão (LAC). O autor obteve valores de solubilidade em NaOH (3,71%) e teor de lignina (26,94%) inferiores ao descrito para *Pinus taeda* na Tabela 8, porém seus resultados de extrativos totais (3,70%) e cinzas (0,26%) são superiores.

Com relação a outros trabalhos já desenvolvidos com *Pinus taeda*, os valores médios de pH obtidos para determinação em 2h e 24h no presente trabalho, são similares a 4,52 e 4,58 descrito por Trianoski (2010); 4,6 e 4,7 encontrado por Prata (2010); 4,71 e 4,64 relatado por Trianoski (2012).

Acredita-se que o maior valor de potencial hidrogeniônico resultante para *Populus deltoides* em relação ao *Pinus taeda*, deve-se a alta presença de cinzas em sua composição. Marra (1992) e Iwakiri (2005) corroboram com esta hipótese quando descrevem que o conteúdo de cinzas presente na madeira pode alterar o pH da mesma.

4.1.2 Massa específica e teor de umidade

Na Tabela 9 são apresentados os valores de massa específica verde, básica e aparente (0% e 15% de umidade), e, o teor de umidade da madeira das espécies estudadas.

TABELA 9 - RESULTADOS MÉDIOS PARA MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE UMIDADE.

Espécie	Massa específica (g/cm ³)				Teor de umidade (%)
	Verde	Básica	Aparente 0%	Aparente 15%	
<i>Pinus taeda</i>	0,84 b (7,75)	0,37 a (5,97)	0,41 a (6,65)	0,51 a (8,33)	15,88 a (5,07)
<i>Populus deltoides</i>	0,89 a (6,74)	0,33 b (5,69)	0,37 b (6,30)	0,40 b (2,46)	14,87 b (4,04)

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação em percentual.

Com exceção da massa específica verde, *Populus deltoides* apresentou valores estatisticamente inferiores em relação a *Pinus taeda*.

A massa específica básica de 0,33 g/cm³ obtida para *Populus deltoides*, está dentro da faixa de 0,28 a 0,52 g/cm³ mencionada por Sanhueza (1998) para *Populus* spp. e é igual ao valor médio de 0,33 g/cm³ obtido por Javarini (2011) para esta mesma espécie com 12 anos de idade.

De acordo com Melo, Coradin e Mendes (1990), os valores de massa específica básica obtidos para as espécies estudadas, classifica-as como leve ou baixa massa específica.

Por serem espécies de baixa massa específica, ocorrerá uma melhor penetração do adesivo, devido serem constituídas por paredes finas e apresentam uma maior porosidade (VICK, 1999; IWAKIRI, 2005).

Morais et al. (2015) estudou a madeira de *Pinus taeda* com 25 anos de idade proveniente de Santa Maria – RS e obteve 0,519 g/cm³ de massa específica básica, valor este superior a 0,37 g/cm³ obtido para a mesma espécie neste estudo. Já Schweitzer (2016) relatou valor inferior: 0,348 g/cm³ para *Pinus taeda* com 17 anos de idade procedente de Santa Cecília – SC.

A diferença de valor médio de massa específica aparente entre as espécies estudadas, pode ser atribuída a diferenciação de sua estrutura histológica, composição química, habitat, entre outros, os quais influenciam no valor desta propriedade (BURGER; RICHTER, 1991; TSOUMIS, 1991).

Segundo Sanhueza (1998) a massa específica aparente para *Populus* spp encontra-se na faixa de 0,30 a 0,55 g/cm³. Já Kretschmann (2010) é mais específico e relata que o *Populus deltoides* apresenta 0,40 g/cm³ para esta propriedade.

Da mesma forma que Kretschmann (2010), Javarini (2011) caracterizou as propriedades físicas e mecânicas de *Populus deltoides* com 12 anos de idade, plantado nas várzeas do vale médio do Rio Iguaçu e encontrou 0,40 g/cm³ para massa específica aparente, sendo este valor igual ao obtido na presente pesquisa para a massa específica aparente a 15%.

Para a madeira de *Pinus taeda*, o valor médio de 0,51 g/cm³ obtido para a propriedade massa específica aparente a 15% é superior quando comparada aos resultados apresentados por Saldanha (2004), que encontrou 0,475 g/cm³ para árvores com 10 anos de idade procedentes de Pinhais – PR;

Prata (2010) que obteve 0,476 g/cm³ para indivíduos com 18 anos de idade provenientes de Ventania – PR; e Delucis et al. (2013) que encontraram 0,44 g/cm³ para *Pinus taeda* com 13 anos de idade oriundo de Quedas do Iguaçu – PR.

Já em relação aos resultados encontrados por Ballarin e Palma (2003), que obtiveram 0,605 g/cm³ para plantios de 37 anos de idade localizados no Horto Florestal de Manduri – SP; Missio et al. (2013) que encontraram 0,543 g/cm³ para árvores com 25 anos de idade provenientes de Boca do Monte, distrito de Santa Maria – RS; e Trianoski et al. (2014) que obtiveram 0,527 g/cm³ para *Pinus taeda* com 18 anos de idade procedentes de Ventania – PR, verifica-se que os resultados obtidos por tais autores, são superiores ao valor médio obtido de massa específica aparente a 15% para a madeira de *Pinus taeda* na presente pesquisa.

O teor de umidade médio encontrado para as madeiras de *Pinus taeda* e de *Populus deltoides* no momento da colagem, mostrou-se dentro dos valores de referência descritos na literatura pertinente: 8 a 15% para PVA (GOULDING, 1983); 10 a 15% para EPI (FRAZIER, 2003); e 5% a 20% para MUF (CAMPOS; LAHR, 2005).

4.1.3 Retratibilidade

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios obtidos para a contração radial, tangencial e volumétrica, anisotropia de contração, massa específica verde, massa específica básica e massa específica aparente a 0% de umidade.

TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DE RETRATIBILIDADE PARA *Pinus taeda* E *Populus deltoides*.

Espécie	β_{tan} (%)	β_{rad} (%)	β_{vol} (%)	Ac
<i>Pinus taeda</i>	6,07 b (16,47)	2,83 b (12,90)	8,90 b (13,25)	2,43 b (13,79)
<i>Populus deltoides</i>	7,49 a (14,00)	3,05 a (11,58)	10,52 a (9,60)	2,52 a (11,33)

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: β_{tang} : Contração tangencial; β_{rad} : Contração radial; β_{vol} : Contração volumétrica; Ac: Anisotropia de contração. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação em percentual.

Populus deltoides apresentou valores superiores e estatisticamente diferentes de contração tangencial, radial e volumétrica e anisotropia de contração, em relação a madeira de *Pinus taeda*.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10, nota-se que para ambas as espécies a contração tangencial foi superior a contração radial. Panshin e de Zeeuw (1980), Tsoumis (1991), Marra (1992), Rezende, Saglietti e Guerrini (1995), Glass e Zelinka (2010), corroboram com esta diferença, relatando que as maiores alterações dimensionais são percebidas no sentido tangencial, seguido do radial, o qual apresenta cerca da metade do valor encontrado para contração tangencial.

Os valores médios de contração tangencial de 7,49% e 6,07% e contração radial de 3,05% e 2,83% obtidos para *Populus deltoides* e *Pinus taeda*, respectivamente, estão dentro da faixa de 6,0 a 12,0% para a contração tangencial e 3,0 a 6,0% para a contração radial mencionado por Skaar (1972).

Quanto a contração volumétrica, o valor médio de 10,52% obtido para *Populus deltoides* e 8,90% encontrado para *Pinus taeda*, são condizentes a faixa de 10,2 a 19,2% para contração volumétrica de folhosas e a faixa 6,8 a 14% para contração volumétrica de coníferas relatadas por Tsoumis (1991).

Os valores médios de 7,49 de contração tangencial, 3,05% de contração radial e 10,52% de contração volumétrica obtidos nesta pesquisa para a madeira de *Populus deltoides*, são inferiores quando comparados aos valores de 9,2% de contração tangencial, 3,9% de contração radial e 13,9% de contração volumétrica mencionados por Glass e Zelinka (2010) para esta espécie; e 8,35% de contração tangencial, 3,54% de contração radial e 11,93% de contração volumétrica relatado por Javarini (2011) para *Populus deltoides* com 12 anos de idade proveniente do vale médio do Rio Iguaçu.

Para *Pinus taeda* foi obtido 6,07%, 2,83% e 8,90% de contração tangencial, radial e volumétrica, respectivamente. Trianoski et al. (2013) estudou a madeira de *Pinus taeda* proveniente de Ventania - PR e relataram valores médios superiores aos obtidos na presente pesquisa: 6,44% de contração tangencial, 3,38% de contração radial e 10,64% de contração volumétrica.

Durlo e Marchiori (1992) afirmam que o coeficiente de anisotropia é o índice mais representativo para avaliar a estabilidade dimensional da madeira.

De acordo com a classificação da qualidade da madeira com base no coeficiente de anisotropia proposta por Durlo e Marchiori (1992), tanto a madeira de *Populus deltoides* quanto a madeira de *Pinus taeda* classificam-se como madeira com estabilidade dimensional considerada ruim.

O valor médio obtido de 2,52 de anisotropia de contração para *Populus deltoides* é superior a 2,48 de anisotropia de contração mencionado por Javarini (2011). Da mesma forma, para *Pinus taeda* o resultado de 2,43 para anisotropia de contração é superior quando comparado a 1,83 e 1,43 relatado por Klock (2000) e Schweitzer (2016), respectivamente para a propriedade em questão.

O fato da madeira de *Populus deltoides* e de *Pinus taeda* serem classificadas como de baixa estabilidade dimensional, reivindica a necessidade de atenção com o seu processo de secagem, pois elas são propícias a ocorrência de defeitos na madeira, como rachaduras, empenamentos, etc. Também deve-se atentar ao seu uso final, pois quando expostas a elevada umidade relativa, o produto pode apresentar alterações dimensionais e estas por sua vez causam tensões na linha de cola.

4.2 PROPRIEDADES DOS ADESIVOS UTILIZADOS

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados dos ensaios de caracterização dos adesivos utilizados.

TABELA 11 - VALORES MÉDIOS DE VISCOSIDADE, TEOR DE SÓLIDOS E PH DOS ADESIVOS.

Adesivo	Viscosidade (cPs)	Teor de sólidos (%)	pH
PVA D3	2818	50,2	2,80
PVA D4	1587	51,0	2,97
EPI	10693	49,6	7,51
MUF	30688	64,4	8,88

FONTE: A autora (2016).

Os valores médios de viscosidade, teor de sólidos e pH obtidos para o adesivo MUF foi de 30688 cPs, 64,4% e 8,88, sendo estes resultados superiores em relação aos demais adesivos. Ao contrário de MUF, para os adesivos PVAs (D3 e D4) foi obtido os menores valores respectivamente, sendo 2818 e 1587 cPs de viscosidade, 50,2 e 51,0% de teor de sólidos, e, 2,80 e 2,97 de pH.

A variação de resultado da viscosidade entre os adesivos é explicada pelo fato destes apresentarem composições químicas distintas (RIVER; OKKONEN, 1991; MARRA, 1992).

Quanto ao teor de sólidos, o fato dos adesivos PVAs apresentarem valores inferiores em relação ao MUF, pode ser justificado pela sua formulação conter um nível maior de constituintes líquidos (BANDEL, 1991; GARCIA; RECH, 2011).

Como não foi possível encontrar informações dos adesivos proveniente do fabricante, adotou-se para comparação os valores encontrados por Gonçalves et al. (2016) e Fonte (2016).

Gonçalves et al. (2016) obtiveram 2719 cPs, 11500 cPs e 10861 cPs referente a viscosidade do adesivo PVA, EPI e MUF. Estes valores são semelhantes ao encontrado para PVA D3 (2818 cPs) e EPI (10693 cPs), porém distintos de PVA D4 (1587 cPs) e MUF (30688 cPs). Para o teor de sólidos os valores relatados pelos autores (48,73% - PVA; 46,81% - EPI; 67,40% - MUF) são próximos aos apresentados na Tabela 11. Quanto ao pH, a maior diferença de valor foi constatada para o MUF, onde 9,70 foi encontrado por Gonçalves et al. (2016) e 8,88 foi obtido neste estudo. Para PVA o valor foi de 2,53 e EPI 7,75.

Fonte (2016) utilizou em sua pesquisa o adesivo EPI e MUF do mesmo fabricante usado neste presente trabalho. A autora obteve os seguintes resultados: 12147 e 30569 cPs de viscosidade; 49,31 e 29,73% de teor de

sólidos; 8,99 e 7,38 de pH. Os valores encontrados por Fonte (2016) para viscosidade e pH de ambos os adesivos, como também o teor de sólidos do adesivo EPI, são similares aos valores obtidos nesta pesquisa. Quanto ao teor de sólidos do MUF, o resultado de 29,73% encontrado pela autora é inferior a 64,4% obtido na presente pesquisa para o mesmo adesivo.

4.3 RESISTÊNCIA DAS EMENDAS DE TOPO – *FINGER JOINT*

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados médios encontrados para os ensaios de flexão estática e tração paralela das emendas de topo.

Para os ensaios de flexão estática conduzidos após pré-tratamento a seco, o maior valor foi obtido para as emendas de topo de *Populus deltoides* coladas com o adesivo PVA D3 com 28,80 MPa e, o menor valor para *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3 com 27,00 MPa, não se constatando diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Todos os tratamentos atenderam o requisito mínimo de 13,8 MPa para o módulo de ruptura, estabelecido pela norma ASTM D 5572-95 (ASTM, 2005).

Nos ensaios de flexão estática após pré-tratamento em temperatura elevada, o maior valor foi obtido para *Pinus taeda* e PVA D3 com 14,05 MPa e o menor para *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3 com 12,03 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. As emendas de topo confeccionadas com *Pinus taeda* e PVA D3 são estatisticamente superiores as produzidas com *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3.

Já nos ensaios de flexão estática após pré-tratamento ciclo triplo, o maior valor foi obtido para *Pinus taeda* e PVA D3 com 7,39 MPa e o menor para *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3 com 5,11 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. *Pinus taeda* e PVA D3 foi estatisticamente superior a *Populus deltoides* e *Pinus deltoides* + *Pinus taeda* com o mesmo adesivo, sendo estes dois últimos estatisticamente equivalentes. Dentre os três tratamentos ensaiados nesta condição, apenas *Pinus taeda* e PVA D3 alcançou o valor mínimo de 6,9 MPa para o módulo de ruptura, conforme estabelecido pela norma ASTM D 5572-95 (ASTM, 2005).

Quanto aos ensaios de tração paralela após o pré-tratamento a seco, o maior valor foi obtido para o tratamento produzido com *Populus deltoides* e PVA D3 com 24,91 MPa e o menor para *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3 com 19,88 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. *Populus deltoides* e PVA D3 foi estatisticamente superior quando comparado a *Pinus taeda* e PVA D3, o qual é estatisticamente equivalente a *Populus deltoides* + *Pinus taeda* com o mesmo adesivo. Todos os tratamentos ensaiados após pré-tratamento a seco alcançaram o valor mínimo de 13,8 MPa de resistência, já ao que diz respeito da falha na madeira, apenas *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3 atendeu ao requisito mínimo de 60%, conforme estabelecido pela norma ASTM D 5572-95 (ASTM, 2005).

Nos ensaios de tração paralela após o pré-tratamento temperatura elevada, o maior valor foi obtido para *Populus deltoides* e PVA D3 com 12,49 MPa e o menor para *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3 com 9,51 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. *Populus deltoides* e PVA D3 foi estatisticamente superior quando comparado a *Pinus taeda* e PVA D3, o qual é estatisticamente equivalente a *Populus deltoides* + *Pinus taeda* com o mesmo adesivo. Todos os tratamentos ensaiados após pré-tratamento temperatura elevada atenderam o requisito mínimo de 6,9 MPa de resistência estabelecido pela norma ASTM D 5572-95 (ASTM,2005).

Para os ensaios de tração paralela após o pré-tratamento ciclo triplo, o maior valor foi obtido para *Pinus taeda* e PVA D3 com 12,02 MPa e o menor para *Populus deltoides* e PVA D3 com 6,18 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. *Pinus taeda* e PVA D3 foi estatisticamente superior quando comparado a *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e PVA D3, o qual é estatisticamente equivalente a *Populus deltoides* com o mesmo adesivo. Apenas *Populus deltoides* e PVA D3 não alcançou o valor mínimo de 6,9 MPa de resistência, já para a falha na madeira nenhum tratamento atingiu o requisito mínimo de 30% para coníferas e 15% para folhosas, conforme estabelecido pela norma ASTM D 5572-95 (ASTM, 2005).

Prata (2010) estudou a viabilidade da madeira de pinus tropicais e *Pinus taeda* na produção de EGP com o adesivo PVA e relatou os seguintes resultados para a madeira de *Pinus taeda*: 33,19 MPa, 41,44 MPa e 47,81 MPa correspondente aos ensaios de flexão estática após os pré-tratamentos a seco,

TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO PARALELA DAS EMENDAS DE TOPO COLADAS COM O ADESIVO PVA D3.

Tratamento	Espécie	Flexão estática			Tração paralela					
		Pré-tratamento			Pré-tratamento					
		Seco	Temperatura elevada	Ciclo triplo	Seco		Temperatura elevada		Ciclo triplo	
		MOR (MPa)	MOR (MPa)	MOR (MPa)	TM (MPa)	F (%)	TM (MPa)	F (%)	TM (MPa)	F (%)
1	<i>Populus deltoides</i>	28,80 a (14,18)	13,60 ab (12,51)	5,49 b (29,26)	24,91 a (11,67)	50	12,49 a (19,88)	24	6,18 b (27,59)	5
2	<i>Pinus taeda</i>	28,53 a (15,60)	14,05 a (14,25)	7,39 a (17,78)	20,79 b (17,31)	58	9,71 b (17,35)	13	12,02 a (14,26)	13
3	<i>Populus deltoides</i> + <i>Pinus taeda</i>	27,00 a (13,88)	12,03 b (12,34)	5,11 b (36,17)	19,88 b (15,32)	62	9,51 b (34,61)	29	7,24 b (23,52)	8

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: MOR – módulo de ruptura; TM – tensão máxima; F – falha na madeira. Valor entre parênteses refere-se ao coeficiente de variação em percentual.

temperatura elevada e ciclo triplo; 24,54 MPa, 25,52 MPa e 27,85 MPa referente aos ensaios de tração paralela após os pré-tratamentos a seco, temperatura elevada e ciclo triplo. Dentre os resultados obtidos nesta pesquisa, o valor médio de 24,91 MPa obtido para *Populus deltoides* e PVA D3 no ensaio de tração paralela após pré-tratamento a seco, é superior a 24,54 MPa encontrado por Prata (2010) para este mesmo ensaio.

Almeida (2013) utilizou resíduos de madeira tropical na produção de EGP com o adesivo PVA D3 e obteve para os ensaios de flexão estática os seguintes resultados: de 20,76 a 62,90 MPa após pré-tratamento a seco; e 33,70 a 77,33 após pré-tratamento ciclo triplo. Para o pré-tratamento a seco, o menor valor médio de 20,76 MPa encontrado pela autora é inferior aos resultados obtidos para esta mesma condição de ensaio neste presente trabalho. Já para o pré-tratamento ciclo triplo, os resultados obtidos na presente pesquisa são inferiores a 33,70 MPa encontrado por Almeida (2013).

Fogaça (2014) analisou o desempenho de emendas de topo confeccionadas com a madeira de *Pinus elliotti* e *Pinus taeda* e com o adesivo PVA D3, e obteve o valor médio de 32,54 MPa para o ensaio de flexão estática após pré-tratamento a seco, resultado este superior quando comparado aos valores obtidos para esta mesma condição de ensaio na presente pesquisa. Quanto ao ensaio de tração paralela após pré-tratamento a seco, a autora relatou resultado inferior (10,67 MPa) em relação aos valores médios encontrados nesta pesquisa para este pré-tratamento.

Juízo (2015) utilizou costaneiras de eucalipto para a produção de painel EGP com o adesivo PVA e obteve os seguintes resultados: 62,64 MPa, 44,08 MPa e 28,76 MPa referente aos ensaios de flexão estática após os pré-tratamentos a seco, temperatura elevada e ciclo triplo; 32,26 MPa, 32,25 MPa e 24,71 MPa para os ensaios de tração paralela após pré-tratamento a seco, temperatura elevada e ciclo triplo. Os resultados encontrados por Juízo (2015) são superiores a todos os valores médios obtidos para os ensaios de flexão e tração nesta pesquisa.

4.4 RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS AO ENSAIO DE CISALHAMENTO

4.4.1 Efeito do tratamento

Os resultados obtidos para os ensaios de cisalhamento das juntas coladas após os pré-tratamentos a seco, água fria, fervura e ciclo estão apresentados na Tabela 13.

Nos ensaios após pré-tratamento a seco, o maior valor foi obtido para juntas coladas de *Populus deltoides* e PVA D3 (T1) com 8,95 MPa e o menor valor para *Pinus taeda* e EPI (T8) com 5,31 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. As juntas coladas de *Populus deltoides* e PVA D3 (T1) apresentaram média estatisticamente equivalente em relação às juntas coladas de *Pinus taeda* com MUF (T11) e *Populus deltoides* + *Pinus taeda* com MUF (T12), e superior em comparação aos demais tratamentos. Todos os tratamentos atenderam ao requisito mínimo de 2,5 MPa para o 5º percentil inferior, e para a falha da madeira apenas os tratamentos que utilizaram o adesivo PVA D3 não alcançaram o mínimo de 40%, conforme estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003).

Para os ensaios após o pré-tratamento em água fria, o maior valor foi obtido para juntas coladas de *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e MUF (T12) com 4,86 MPa e o menor valor para *Populus deltoides* e PVA D4 (T4) com 0,68 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. As juntas coladas de *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e MUF (T12) apresentou média estatisticamente superior em relação aos demais tratamentos. Apenas os tratamentos que utilizaram para colagem os adesivos EPI e MUF, atenderam ao requisito mínimo de 2,5 MPa para o 5º percentil inferior, conforme estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003). Quanto ao pré-requisito de 40% de falha na madeira, apenas os tratamentos confeccionados com o adesivo MUF atenderam a norma.

TABELA 13 - RESULTADOS MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA COLAGEM LATERAL.

Trat.	Espécie	Adesivo	Seco			Água Fria			Fervura			Ciclo		
			RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)
1	<i>Populus deltoides</i>	PVA D3	8,94 a (12,71)	8,05	33	0,69 f (28,74)	0,44	0	-	-	-	-	-	-
2	<i>Pinus taeda</i>	PVA D3	6,19 cde (18,43)	3,78	33	0,97 e (21,40)	0,63	0	-	-	-	-	-	-
3	<i>Populus deltoides + Pinus taeda</i>	PVA D3	6,64 bcde (18,64)	5,14	32	0,85 ef (31,42)	0,56	1	-	-	-	-	-	-
4	<i>Populus deltoides</i>	PVA D4	6,43 bcde (18,06)	4,98	47	0,68 f (27,42)	0,55	0	0,16 i (12,53)	0,13	0	-	-	-
5	<i>Pinus taeda</i>	PVA D4	5,70 de (32,88)	3,62	48	1,29 d (12,72)	1,09	0	0,83 g (2,52)	0,79	0	-	-	-
6	<i>Populus deltoides + Pinus taeda</i>	PVA D4	5,51 e (30,62)	2,76	39	0,89 ef (22,74)	0,81	0	0,58 h (3,20)	0,55	0	-	-	-
7	<i>Populus deltoides</i>	EPI	7,21 bcd (19,58)	5,39	89	3,50 c (4,66)	3,44	0	2,61 e (0,71)	2,58	0	-	-	-
8	<i>Pinus taeda</i>	EPI	5,31 e (33,08)	2,56	81	3,42 c (6,31)	3,42	27	2,31 f (0,82)	2,29	6	-	-	-
9	<i>Populus deltoides + Pinus taeda</i>	EPI	5,58 e (18,17)	3,67	88	3,30 c (7,58)	2,96	9	2,82 d (0,72)	2,79	9	-	-	-
10	<i>Populus deltoides</i>	MUF	6,36 bcde (18,61)	4,34	85	4,30 b (3,48)	4,07	95	3,40 c (0,57)	3,37	29	3,24 a (27,93)	1,83	50
11	<i>Pinus taeda</i>	MUF	7,67 abc (24,56)	4,75	90	4,32 b (5,48)	4,37	100	4,04 a (0,44)	4,03	65	2,97 a (24,54)	1,97	74
12	<i>Populus deltoides + Pinus taeda</i>	MUF	7,88 ab (13,37)	6,68	100	4,86 a (3,04)	4,72	100	3,78 b (0,52)	3,75	30	3,36 a (17,69)	2,53	46

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: Trat. – tratamento; RC – resistência ao cisalhamento; PI – percentil inferior; F – falha na madeira. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação em percentual.

Nos ensaios após o pré-tratamento fervura, o maior valor foi obtido para juntas coladas de *Pinus taeda* e MUF (T11) com 4,04 MPa e o menor valor para *Populus deltoides* e PVA D4 (T4) com 0,16 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. As juntas coladas de *Pinus taeda* e MUF (T11) foi estatisticamente superior em comparação aos demais tratamentos. Em relação ao pré-requisito da norma EN 13353 (EN, 2003), os tratamentos 7, 9, 10, 11 e 12 alcançaram o valor mínimo de 2,5 MPa, e, apenas o tratamento 11 alcançou o valor mínimo de 40% de falha na madeira.

Já para os ensaios após o pré-tratamento ciclo, o maior valor médio de resistência ao cisalhamento foi obtido para juntas coladas de *Populus deltoides* + *Pinus taeda* e MUF (T12) com 3,36 MPa e o menor valor para *Pinus taeda* e MUF (T11) com 2,97 MPa. Não se constatou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos 10, 11 e 12. No que se refere aos pré-requisitos descritos na norma EN 13353 (EN, 2003), todos os tratamentos alcançaram o mínimo de 2,5 MPa para o 5º percentil inferior e 40% de falha na madeira.

4.4.2 Efeito do adesivo

O desempenho dos adesivos após os pré-tratamentos a seco, água fria, fervura e ciclo estão apresentados na Tabela 14.

Os resultados dos ensaios de cisalhamento das juntas coladas após pré-tratamento a seco demonstram que os adesivos MUF e PVA D3 foram estatisticamente equivalentes entre si e superiores em relação aos adesivos EPI e PVA D4. Não foram constatadas diferenças significativas entre EPI e PVA D4. Todos os adesivos testados neste pré-tratamento atenderam ao requisito mínimo de 2,5 MPa para o 5º percentil inferior, conforme estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003). Quanto ao pré-requisito de 40% de falha na madeira, apenas o adesivo PVA D3 não atendeu.

TABELA 14 - RESULTADOS MÉDIOS DO EFEITO DO ADESIVO SOBRE À RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS DE *Populus deltoides* e *Pinus taeda*.

Adesivo	Pré – tratamento											
	Seco			Água fria			Fervura			Ciclo		
	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)
PVA D3	7,31 a (23,01)	5,66	33	0,84 c (29,86)	0,55	0	-			-		
PVA D4	5,88 b (27,53)	3,79	45	0,96 c (32,29)	0,82	0	0,58 c (45,76)	0,49	0	-		
EPI	6,07 b (26,73)	3,87	86	3,41 b (6,57)	3,27	12	2,58 b (8,35)	2,56	5	-		
MUF	7,30 a (21,09)	5,26	92	4,49 a (7,12)	4,38	98	3,74 a (7,21)	3,71	42	3,19 (23,63)	2,11	57

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: RC – resistência ao cisalhamento; PI – percentil inferior; F – falha na madeira. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação em percentual.

Para os ensaios após o pré-tratamento água fria, o maior valor foi obtido para o adesivo MUF com 4,49 MPa e o menor para PVA D3 com 0,84 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. O adesivo MUF foi estatisticamente superior em relação aos demais adesivos, já o adesivo PVA D3 foi estatisticamente equivalente ao PVA D4. Quanto ao atendimento da norma EN 13353 (EN, 2003), apenas os adesivos EPI e MUF alcançaram o valor mínimo de 2,5 MPa. Destaca-se ainda que o adesivo MUF atendeu ao valor mínimo de 40% de falha na madeira.

Nos ensaios efetuados após pré-tratamento fervura, o maior valor foi obtido para o adesivo MUF com 3,74 MPa e o menor para PVA D4 com 0,58 MPa, sendo as médias estatisticamente diferentes. O adesivo MUF foi estatisticamente superior quando comparado aos adesivos EPI e PVA D4. Dentre os três adesivos testados neste pré-tratamento, apenas o adesivo PVA D4 não alcançou o valor mínimo de 2,5 MPa para 5º percentil inferior, conforme estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003). Já para a falha na madeira, o adesivo MUF foi o único superior ao valor mínimo de 40%.

Para os ensaios de cisalhamento das juntas coladas após pré-tratamento ciclo, foi obtido o resultado de 3,19 MPa de resistência de cisalhamento para o adesivo MUF. O adesivo MUF não alcançou o requisito mínimo para 5º percentil inferior, mas atendeu o valor mínimo de 40% para falha na madeira, conforme estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003).

Os resultados obtidos para os adesivos PVA D3 e PVA D4 após pré-tratamento água fria, e, para PVA D4 após pré-tratamento fervura, foram inferiores aos obtidos para EPI e MUF, por se caracterizarem como adesivos termoplásticos, ou seja apresentam baixa resistência a umidade e temperatura elevada.

Utilizando a madeira de *Eucalyptus benthamii* para a produção de juntas coladas com o adesivo PVA na gramatura de 200 g/m², Iwakiri et al. (2013) obteve 9,04 MPa para o adesivo PVA, sendo o mesmo superior a 7,31 e 5,88 MPa encontrado para PVA D3 e D4 utilizados na gramatura de 180 g/m² nesta pesquisa. Ressalta-se que os autores utilizaram a norma ASTM D 3110 (ASTM, 1990) para conduzirem seus ensaios.

Almeida (2013) produziu painéis EGP com resíduos de seis espécies de madeira tropical (*Pterogyne nitens*, *Patagonula* sp., *Tabebuia* spp.,

Hymenaea spp., *Astronium lecointei* e *Couratari* spp.) utilizando para colagem o adesivo PVAc D3 e EPI na gramatura de 200 g/m². A autora ensaiou seus corpos de prova após o pré-tratamento a seco e obteve os valores médios de 1,52 e 5,53 MPa para PVAc D3 e EPI, respectivamente. Os resultados relatados por Almeida (2013) são inferiores para PVAc D3 e superior para EPI, quando comparados aos obtidos nesta pesquisa.

Bila (2014) estudou o emprego dos adesivos PVAc D3 e EPI na gramatura de 200 g/m² para a colagem de seis espécies tropicais, testando seus painéis EGP após pré-tratamento a seco e água fria, e obteve os seguintes resultados: 15,76 e 13,10 MPa para PVAc D3; e 14,52 e 10,66 MPa para EPI. Os resultados obtidos por Bila (2014) são superiores aos encontrados nesta pesquisa.

Gava (2014) encontrou valores médios superiores aos obtidos na presente pesquisa, para os adesivos PVA (13,10 MPa) e MUF (11,65), quando ensaiou seus painéis produzidos com madeira tratada de eucalipto (*Eucalyptus cloeziana*) colados na gramatura de 150 g/m², utilizando a norma ASTM D905-08 e pré-tratamento a seco.

Para a madeira de *Tectona grandis* colada com adesivo PVA na gramatura de 180 g/m², Fonte e Trianoski (2015) obtiveram o resultado de 1,35 MPa para os ensaios após pré-tratamento água fria. O resultado encontrado pelas autoras foi superior a 0,55 MPa e 0,82 MPa obtidos para os adesivos PVA D3 e PVA D4 nesta pesquisa.

Os resultados médios obtidos por Iwakiri et al. (2015) com juntas coladas confeccionadas com as espécies *Inga alba* (Sw) Willd e *Swartzia recurva* Poepp e os adesivos PVA e EPI na gramatura de 200 g/m², são superiores quando comparados aos descritos para os adesivos PVA e EPI neste estudo. Os autores executaram seus ensaios na condição seca e úmida, resultando em 12,07 e 2,72 MPa para PVA, e, 14,11 e 8,00 MPa para EPI.

Almeida (2015) produziu painéis EGP com a madeira de *Cupressus lusitanica* MILL. e os adesivos PVA e EPI na gramatura de 180 g/m², e encontrou valores superiores aos obtidos na presente pesquisa, para os ensaios após pré-tratamento a seco para os adesivos PVA e EPI (9,69 MPa e 10,65 MPa) e após pré-tratamento água fria para o adesivo EPI (5,53 MPa). Quanto ao adesivo PVA ensaiado após pré-tratamento água fria, Almeida

(2015) obteve o valor médio de 0,37 MPa, valor este inferior ao obtido para este adesivo nesta pesquisa.

Fonte (2016) ao avaliar a qualidade de painéis EGP produzidos com a madeira de *Cryptomeria japonica* e os adesivos PVA D3 (bicomponente), PVA D4 (bicomponente), EPI e MUF, com gramatura de 180 g/m², obteve para os ensaios após os pré-tratamentos a seco, água fria, fervura e ciclo, os seguintes resultados: a) seco: 6,8 MPa para PVA D3, 7,3 MPa para PVA D4, 8,0 MPa para EPI e 8,1 MPa para MUF; b) água fria: 2,2 MPa para PVA D3, 3,0 MPa para PVA D4, 5,2 MPa para EPI e 5,8 MPa para MUF; c) fervura: 1,8 MPa para PVA D4, 4,2 MPa para EPI e 4,8 MPa para MUF; d) ciclo: 4,7 MPa para MUF. Com exceção do resultado obtido para o adesivo PVA D3 no pré-tratamento a seco, os demais valores encontrados por Fonte (2016) foram superiores aos encontrados nesta pesquisa.

4.4.3 Efeito da espécie

Estão apresentados na Tabela 15, os resultados médios obtidos para a análise fatorial – efeito da espécie.

As juntas coladas de *Populus deltoides* foram estatisticamente superiores em relação as juntas coladas de *Pinus taeda* e *Populus deltoides* + *Pinus taeda* nos ensaios após pré-tratamento a seco. Todas as composições atenderam o requisito mínimo de 2,5 MPa para o 5° percentil superior e 40% para falha na madeira, estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003).

Para os ensaios após os pré-tratamentos água fria, fervura e ciclo, o maior valor foi obtido para as juntas produzidas com a madeira de *Populus deltoides* + *Pinus taeda*, e, o menor para o tratamento confeccionado com *Populus deltoides*, não se constatando diferença estatística significativa entre as espécies. Com relação ao 5° percentil inferior, somente as juntas coladas com as madeiras de *Populus deltoides* + *Pinus taeda* ensaiadas após pré-tratamento ciclo, atenderam ao valor mínimo de 2,5 MPa. Quanto a falha na madeira, todas as espécies ensaiadas neste pré-tratamento atenderam ao requisito mínimo de 40% estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003).

TABELA 15 - RESULTADOS MÉDIOS DO EFEITO DA ESPÉCIE SOBRE À RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS DE *Populus deltoides* e *Pinus taeda*.

Espécie	Pré - tratamento											
	Seco			Água fria			Fervura			Ciclo		
	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)	RC (MPa)	5° PI (MPa)	F (%)
<i>Populus deltoides</i>	7,51 a (21,89)	5,69	63	2,18 a (74,29)	2,12	24	2,18 a (61,54)	2,03	10	3,24 a (27,93)	1,83	50
<i>Pinus taeda</i>	6,15 b (28,96)	3,68	63	2,29 a (61,86)	2,38	32	2,21 a (58,83)	2,37	24	2,97 a (24,54)	1,97	74
<i>Populus deltoides + Pinus taeda</i>	6,34 b (24,09)	4,56	65	2,30 a (72,77)	2,26	28	2,29 a (58,94)	2,36	13	3,36 a (17,69)	2,53	46

FONTE: A autora (2016).

NOTAS: RC – resistência ao cisalhamento; PI – percentil inferior; F – falha na madeira. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de confiabilidade. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação em percentual.

Prata (2010) utilizou a madeira de pinus tropicais na produção de EGP colados com adesivo PVA e relatou um valor médio de resistência ao cisalhamento para *Pinus taeda* (2,28 MPa) ensaiado após pré-tratamento água fria, semelhante ao encontrado no presente trabalho para esta espécie no mesmo pré-tratamento, porém este foi superior ao valor de 2,18 MPa referente ao *Populus deltoides*.

Produzindo juntas coladas com a espécie *Pinus taeda* utilizando os adesivos PVA e EPI na gramatura de 200 g/m², Lopes et al. (2013) testou a qualidade de seus painéis com base na norma EN 205:2002 no estado seco e úmido e obtiveram os valores médios de 7,76 e 2,97 MPa, respectivamente. Estes valores são superiores aos obtidos para estes pré-tratamentos nesta pesquisa.

Fogaça (2014) ao avaliar a qualidade de painéis EGP comerciais produzidos com a madeira de *Pinus elliotti* e *Pinus taeda* e o adesivo PVA D4, obteve 7,39 MPa de resistência ao cisalhamento para os ensaios após pré-tratamento a seco. O resultado encontrado por Fogaça (2014) é inferior quando comparado a *Populus deltoides*, porém superior em relação as outras duas composições (*Populus deltoides* + *Pinus taeda*; *Pinus taeda*) ensaiadas após pré-tratamento a seco nesta pesquisa. Fogaça (2014) confeccionou seus corpos de prova por meio de uma adaptação das normas ASTM D 5751:1999 e a ABNT NBR 7190:1997.

Avaliando o desempenho de *Pinus* sp. colado na gramatura de 300 g/m² com os adesivos PVA, EPI e MUF e com base na norma ASTM D905-08:2013, Gonçalves et al. (2016) obtiveram 9,58 MPa como seu maior valor de resistência ao cisalhamento. O resultado obtido por Gonçalves et al. (2016) é superior ao desempenho na resistência ao cisalhamento apresentado na presente pesquisa para as juntas coladas com a madeira de *Populus deltoides*, *Pinus taeda* e *Populus deltoides* + *Pinus taeda*.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- A madeira de *Populus deltoides* apresentou resultados de massa específica aparente e básica inferiores a madeira de *Pinus taeda*, sendo classificada como madeira de baixa massa específica.
- Para as propriedades de retratibilidade, *Populus deltoides* apresentou valor médio superior de contração volumétrica e anisotropia de contração em relação a *Pinus taeda*, caracterizando-se como madeira de baixa estabilidade dimensional.
- Em relação as análises químicas, *Populus deltoides* apresentou valores médios inferiores de extrativos e lignina em relação a madeira de *Pinus taeda*. Já seu teor de cinzas e pH foram superiores.
- A composição química apresentada pela madeira de *Populus deltoides* afetou a resistência das ligações adesivas.
- As juntas confeccionadas com a madeira de *Populus deltoides* ensaiadas após pré-tratamento seco, e, a mistura de espécies (*Populus deltoides* + *Pinus taeda*) submetida aos pré-tratamentos seco e ciclo, atenderam aos requisitos mínimos para o quinto percentil inferior e falha na madeira, estabelecido pela norma EN 13353 (EN, 2003).
- Para o fator adesivo, as juntas coladas com adesivos MUF e EPI atenderam os requisitos da norma EN 13353 (EN, 2003) quanto ao quinto percentil inferior para todos os pré-tratamentos.
- As emendas de topo em flexão estática, pós pré-tratamento a seco atenderam os requisitos da norma ASTM D 5572-95 (2005).
- Quanto ao ensaio de tração paralela das emendas topo, *Populus deltoides* + *Pinus taeda* ensaiadas no pré-tratamento a seco atendeu aos requisitos de resistência e falha na madeira estabelecidos pela norma ASTM D 5572-95 (2005)

- A madeira de *Populus deltoides* pura ou em mistura com *Pinus taeda* é potencialmente viável para produção de painéis EGP.

6 REFERÊNCIAS

ALBIN, R. Determinacion del pH en diversas especies de los renovales de la provincia de Valdivia. **Bosque**, Valdivia, v. 1, n. 1, p. 3-5, 1975.

ALDER, E. Lignin chemistry: past, present and future. **Wood Science and Technology**, v.11, n.3, p. 169-218, 1977.

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

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 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

AMERICAN HARDWOOD EXPORT COUNCIL (AHEC). **American cottonwood**. Disponível em: < <http://www.americanhardwood.org/>>. Acessado em: 09 mai. 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS- **ASTM. 5572**: Standard specification for adhesives used for finger joints in nonstructural lumber products. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2007**. Curitiba, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2009 ano base 2008**. Curitiba, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013.

BAEZA, J.; FREER, J. Chemical characterization of wood and its components. In: HON, D. N. S.; SHIRAISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. 2nd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, 2001.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BANDEL, A. **Adhesivos y Tecnologia del Encolado en la Industria de la Madera**. Milano, 1991.

BEATRIZ, G.; MARTO, T. Indicações para escolha de espécies de pinus. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, ed. 119. 2009. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1381&subject=Pinus&title=Indica%E7%F5es%20para%20escolha%20de%20esp%E9cies%20de%20pinus>. Acessado em: 12 jan. 2016.

BIERMANN, C. J. **Handbook of pulping and papermaking**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1996.

BILA, N. F. **Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia**. 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRASIL. Lei nº 5106, de 2 de setembro de 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 168, 05 set. 1966. Seção 1, p. 1. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/2971215/pg-2-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-05-09-1966/pdfView>>. Acessado em: 12 jan. 2016.

BRASIL. Decreto-lei nº 1134, de 16 de novembro de 1970. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 108, n. 216, p. 9753, 17 nov. 1970. Seção 1, pt. 1. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/3144057/pg-1-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-17-11-1970/pdfView>>. Acessado em: 12 jan. 2016.

BROW, H. P.; PANSIN, A. J.; FORSAITH, C. C. **Textbook of wood technology**: structure, identification, defects, and uses of the commercial woods of the United States. 1. Ed. Nova York: McGraw-Hill, 1949.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

BUSTOS, C.; BEAUREGARD, R.; MOHAMMAD, M.; HERNÁNDEZ, R. E. Structural performance of finger-jointed black spruce wood lumber with different joint configurations. **Forest Product Journal**, vol. 53, n.9, p.72-76, 2003.

CAMÕES, M. F. A century of pH measurement. **Chemistry International**, Boston, v.32, n.2, march-april, 2010. Disponível em: <<http://www.iupac.org/publications/ci/2010/3202/index.html>>. Acessado em: 18 de jun. 2016.

CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. MDF produzido com fibras de pinus utilizando uréia-formaldeído. **Revista da madeira**, Caxias do Sul, ed. 88, mar. 2005.

CARRASCO, E. V. M. **Resistência, elasticidade e distribuições de tensões nas vigas retas de madeira laminada colada (MLC)**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CONNER, A.H. **Wood: adhesives**. Encyclopedia of materials: science and technology. New York: Elsevier Science, 2001.

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.

CÔTÉ, W.A. Wood ultrastructure in relation to chemical composition. In: LOEWUS, F. A.; RONECKLES, V. C. **The Structure, biosynthesis, and degradation of wood**. Plenum Press, New York, 1977. Volume 11. p. 1-44. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=d0P0BwAAQBAJ&pg=PA41&lpg=PA41&dq=Wood+Ultrastructure+of+the+Southern+Yellow+Pines&source=bl&ots=XKShJ2lrur&sig=7b-mPV7ke32E0MzMFLTw_RXq1HI&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjHpJPCkpTOAhXCQpAKHUcRAaoQ6AEIPzAI#v=onepage&q=lignin&f=false>. Acessado em: 16 jun. 2016.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R.; SOUZA, M. R. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para obtenção de madeira serrada de eucalipto destinada à produção de painéis colados lateralmente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG v.25, n.1, p.113-123, 2001.

DELUCIS, R. A.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; BELTRAME, R.; TREVISAN, R. Qualificação da madeira de três espécies de coníferas oriundas de reflorestamentos jovens. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 477-484, dez. 2003.

DICKMANN, D. I. An overview of the genus *Populus*. In: DICKMAN, D. I.; ISEBRANDS, J. G.; ECKENWALDER, J. E.; RICHARDSON, J. **Poplar culture in North America**. Ottawa: NRC – CNRC, 2001. p. 1-42. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=GRtdQYO_ejUC&printsec=frontcover&

hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 3 mar. 2016.

DICKMANN, D.I; KUZOVKINA, J. Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species. In: ISEBRANDS, J. G.; RICHARDSON, J. **Poplars and willows: trees for society and the environment**. BOSTON: CABI and FAO, 2014.

DIMMEL, D. Overview. In: HEITNER, C.; DIMMEL, D. R.; SCHMIDT, J. A. **Lignin and lignans: advance in chemistry**. Boca Raton: CRC Press, 2010. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=tgqRsAJwk6oC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=lignin&f=false>. Acessado em: 16 jun. 2016.

DINWOODIE, J. M. Properties and performance of wood adhesives. In: PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: Marcel Dekker, 1983. p. 1-57.

DUNKY, M. Adhesives in the wood industry. In: PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of Adhesive Technology**. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 2003.

DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33 p. Serie técnica, 10.

ELESBÃO, L. E. G. **Performance do *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L. em áreas arenizadas e degradadas no oeste do Rio Grande do Sul**. 2011. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

EUROPEAN STANDARD. **EN 19092**: Adhesives – Determination of viscosity. Bruxelas, 2000.

EUROPEAN STANDARD. **EN 204**: Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications. Bruxelles, 2001. 8 p.

EUROPEAN STANDARD. **EN 1245**: Adhesives – Adhesives of pH – Test Method. Bruxelles, 2001.

EUROPEAN STANDARD. **EN 205-02**: Adhesives: wood adhesives for non-structural applications: determination of tensile shear strength of lap joints. Bruxelles, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 322** - Determination of moisture content. Bruxelles, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 323** - Determination of density. Bruxelles, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 326-1** – Wood-based panels - Sampling, cutting and inspection - Part 1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results. Bruxelles, 2002.

EUROPEAN STANDARD - **EN 13353** – Solid wood panels (SWP) – Requirements. Bruxelles, june 2003.

EUROPEAN STANDARD - **EN 13354** – Solid wood panels – Bonding quality – Test Method – 11p. Bruxelles, may 2003.

EUROPEAN STANDARD - **EN 314-1** – Plywood – Bonding quality – Part 1: Test methods. Bruxelles, december, 2004.

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

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989.

FOELKEL, C.; FOELKEL, E. **“Edge Glued Panel”** (Painel de madeira colada lateralmente). Ed. N.8, ago. 2008.

FOGAÇA, A. P. **Determinação da qualidade da colagem e desempenho mecânico de painéis EGP comerciais**. 2014. 68 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Itapeva, 2014.

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

FONTE, A. P. N. **Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica* para a produção de painéis colados lateralmente e aplicação de acabamento superficial**. 2016. 185 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Em fase de elaboração.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Poplars and Willows**. Rome: FAO, 1979. (Forestry Series, 10).

FOWELLS, H.A. AND MEANS, J.E. The tree and its environment. In: BURNS, R.M.; HONKALA, B.H. **Silvics of North America**. Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook 654. Washington: USDA Forest Service, p. 1–11. Disponível em: <https://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/the_tree_and_its_environment.htm>. Acesso em: 7 mai. 2016.

FRAZIER, C. E. Isocyanate Wood Binders. In: PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of Adhesive Technology**. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 2003.

FRIHART, C. R. Wood Adhesion and Adhesives. In: ROWELL, R. M. **Wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 215-278.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesives with wood materials: bond formation and performance. In: Forest Products Laboratory. **Wood Handbook – Wood as an engineering material**. Ed. Centenária. Madison: USDA, 2010. p. 10-1; 10-24.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985.

GARCIA, A.; RECH, M. Adesivos para a madeira e móveis. **Revista da madeira**. Caxias do sul, ed. 128, ago. 2011.

GASPAR, F.; CRUZ, H.; NUNES, L.; GOMES, A. **Fabrico de Estruturas Lameladas-Coladas com Madeira de Pinho Bravo Tratada em Autoclave**. 5º Congresso Florestal Nacional, Viseu, 2005.

GAVA, G. C. **Avaliação da colagem em resíduos de madeira tratada de eucalipto**. 2014. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

GILMAN, E. F.; WATSON, D. G. ***Pinus elliotii***: Fact Sheet ST-463. Gainesville: United States Forest Service-Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, oct. 1994.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture Relations and Physical Properties of Wood. In: **Wood handbook—Wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 4-1/4-19.

GONÇALVES, F. G.; SEGUNDINHO, P. G. de A.; SCHAYDER, L. F.; TINTI, V. P.; SANTIAGO, S. B. Avaliação da resistência ao cisalhamento da madeira de *Pinus* sp. coladas em temperatura ambiente. **Ciência da Madeira - RCM**, v. 7, n. 1, p. 42 - 50, 2016.

GOULDING, T. M. Polyvinyl acetate wood adhesives. In: PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: Marcel Dekker, 1983. p. 319-350.

HARLOW, W. M.; HARRAR, E. S.; HARDIN, J. W.; WHITE, F. M. **Textbook of dendrology**: covering the important forest trees of the United States and Canada. Singapore, 1991.

HAUBRICH, J. L.; GONÇALVES, C.; TONET, A. Adesivos vinílicos apresentam soluções para madeira. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, ed.103, mar. 2007.

HEINRICH, H. Other woodworking adhesives. In: DUNKY, M.; PIZZI, T.; LEEMPUT, M. V. **Wood Adhesion and Glued Products**: working group 1 – wood adhesives. COST Action E13, 2002.

HILLIS, W. E. Forever amber a story of the secondary wood components. **Wood Science and Technology**, v. 20, p. 203-227. 1986.

HSE, C.Y.; KUO, M. Influence of extractives on wood gluing and finishing - a review. **Forest Products Journal**, v. 38, n. 1, p. 52-56. 1988.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Ibá 2016**. Brasília, 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Caderno estatístico município de União da Vitória**. Set. 2016.

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

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; CUNHA, A. B. da; PRATA, J. G.; HARA, M.; BILA, N. F.; LUIS, R. C. G.; ARAÚJO, R. D. de; BÔAS, B. T. V. Avaliação da resistência de juntas coladas da madeira de *Eucalyptus benthamii* com diferentes adesivos e faces de colagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 411 - 416, 2013.

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

JAVARINI, E. **Caracterização das propriedades físicas e mecânicas de *Populus deltoides*, plantado nas várzeas do Vale Médio do Rio Iguaçu.** 2011. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal), Centro Universitário de União da Vitória, União da Vitória, 2011.

JENSEN, W. B. The symbol for pH. **Journal of Chemical Education**, Washington, vol. 81, n. 1, p. 21. 1 jan. 2004. Entrevista.

JOHNS, W. E.; NIAZI, K. A. Effect of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of urea-formaldehyde resin. **Wood and Fiber**, Monona, vol. 12, n. 4, p. 255-263, 1980.

JUÍZO, C. G. F. **Aproveitamento de costaneiras em serraria de eucalipto para produção de painéis EGP.** 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

KEINERT JUNIOR, S. **Empenamento em painéis de madeira sólida.** Curitiba: FUPEF, 1989. Boletim técnico, n.1.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** 2000. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KOCH, P. **Utilization of the southern pines.** Washington: U.S.Department of Agriculture Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1972.

KOLLMANN, F.F.P.; CÔTÉ Jr., W.A. **Principles of wood science and technology: solid wood.** Berlim: Springer Verlag, v. 1, 1968.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do *Pinus* no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

KRETSCHMANN, D. E. Mechanical properties of wood. In: Forest Products Laboratory. **Wood Handbook – Wood as an engineering material.** Ed. Centenária. Madison: USDA, 2010. p. 5-1; 5-46.

LOPES, M. C. **Espectroscopia no infravermelho próximo aplicada na avaliação de painéis de madeira colados lateralmente.** 2008. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LOPES, M. C.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M.; 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.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing.** 2nd ed. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

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

MATTOS, P.P; PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E. G.; FERRON, R. M. Características da madeira de *Populus* sp e *Platanus* sp. **EMBRAPA**, comunicado técnico, n. 52, jan. 2001.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDS)**, Rio de Janeiro, n. 27, mar. 2008. p. 121-156.

MELO, R. R. **Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis lvi confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. 2012. 182 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia Brasileira. In: 6° Congresso florestal Brasileiro, Florestas e Meio ambiente: Conservação e Produção, patrimônio social. **Anais**. Campos do Jordão –SP, 1990, p. 695-699.

MESHITSUKA, G.; ISOGAI, A. Chemical structures of cellulose, hemicellulose, and lignin. In: HON, D. N. S. **Chemical modification of lignocellulosic materials**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 11-34. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=JyR97w7M9-UC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acessado em: 16 jun. 2016.

MIO, L. L. M. de; Amorin, L. Doenças do Álamo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p. 139-153. 2000.

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionados com lâminas de eucalipto. **Revista Tecnológica**, Maringá, ed. especial ENTECA 2009, p. 35-45, 2009.

MISSIO, A. L.; GATTO, D. A.; MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L. Método ultrassônico para estimativa do módulo de elasticidade de madeiras de *Pinus taeda* tratadas termicamente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 616-622, abr. 2013.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. Tropicos. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

MORAIS, W. W. C.; HASELEIN, C. R.; SUSIN, VIVIAN, M. A.; MORAIS, J. B. F. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados com *Bambusa tuldoides* e *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 1015-1026, out.-dez., 2015.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**: volume 1 – Materials. London: Southern Illinois University Press, 1974.

NASCIMENTO, A. M.; LELIS, R. C. C.; COSTA, D. L.; OLIVEIRA, C.S. Comportamento de ligações adesivas em madeira de reflorestamento. **Revista Floresta e Ambiente**, v.9, n.1, p.54-62. Rio de Janeiro, 2002.

NASCIMENTO, A. M.; GARCIA, R. A.; DELLA LUCIA, R. M. Qualidade de adesão de juntas coladas de diferentes espécies comerciais de madeira. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 593-601, 2013.

OTTO, G. M. **Adubação nitrogenada, produção e estado nutricional na cultura do álamo em sistema integrado e solteiro no município de São**

Mateus do Sul, PR. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2005.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980.

PETTERSEN, R. C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R.M. **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. p. 57-123. (Advances in Chemistry Series 207).

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PINTO, J. A. **Análise da viabilidade do uso da madeira de “*Cryptomeria japonica*” para laminação e produção de painéis compensado**. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PIZZI, A. Aminoresin wood adhesives. In: PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: Marcel Dekker, 1983. p. 59-104.

PIZZI, A. Melamine–formaldehyde adhesives. In: PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. 2. ed. Revised and Expanded. New York: Marcel Dekker, 2003.

PIZZI, A.; IBEH, C. C. Aminos. In: DODIUK, H.; GOODMAN, S. H. **Handbook of thermoset Plastics**. Third edition. Oxford: Elsevier, 2014. p. 75-92.

PODGORSKI, L.; CHEVET, B.; ONIC, L.; MERLIN, A. Modification of wood wettability by plasma and corona treatments. **International Journal of Adhesion & Adhesives**, v. 20, p. 103-111. 2000.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge**

Glued Panels – EGP). 2010. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RAMOS, L. P. The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 863-871, 2003.

REMADE. **EGP**. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/madeiras/35/pmva/egp>>. Acessado em: 15 mai. 2015.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p.133-141, jan./dez. 1995.

RICHARDSON, D. M.; RUNDEL, P. W. Ecology and biogeography of *Pinus*: an introduction. In: RICHARDSON, D. M. **Ecology and biogeography of *Pinus***. New York: Cambridge University Press, 1998. p.3-48.

RICHARDSON, J.; ISEBRANDS, J. G.; BALL, J. B. Ecology and physiology of poplars and willows. In: ISEBRANDS, J. G.; RICHARDSON, J. **Poplars and willows: trees for society and the environment**. BOSTON: CABI and FAO, 2014.

RIVER, B. H.; OKKONEN, A. **Delamination of edge-glued wood panel: moisture effects**. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1991.

ROCHA. M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROWELL, R. M.; PETTERSEN, R.; TSHABALALA, M. A. Cell wall chemistry. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. 2nd ed. New York: CRC Press, 2013. p. 33-74.

SAKA, S. Chemical composition and distribution. In: HON, D. N. S.; SHIRAIISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. 2nd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker Inc., 2001.

SALDANHA, L. K. **Alternativas tecnológicas para produção de chapas de partículas orientadas “OSB”**. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; MORAIS, S. A. L.; VELOZO, D. P. Ligninas – métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p. 917-928, 2001.

SANHUEZA, A. S. **Cultivo Del alamo (*Populus spp.*)**. Parte 2, Santiago, Chile: Corporación Nacional Florestal, 1998.

SCHWEITZER, V. R. **Origem do “lenho anormal de compressão” e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da Região Serrana de Santa Catarina**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SELBO, M. L. **Adhesive bonding of wood**. Technical Bulletin, n. 1512, 1975.

SERNECK, M. **Comparative Analysis of Inactivated Wood Surfaces**. 2002. 193 p. Dissertation (Doctor of Philosophy in Wood Science and Forest Products), Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2002.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. **Pínus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p.49-74.

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest products and wood science: an introduction**. 6. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

SILVA, D. A.; TOMASELLI, I.; IWAKIRI, S. Influência da umidade na resistência da linha de cola e estabilidade dimensional do compensado utilizando resina de alta reatividade. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 54, p. 69-80, dez. 1998.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1993.

SKAAR, C. **Water in wood**. New York: Syracuse University Press, 1972.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo, 2006.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald Press Company, 1964. (BIBLIOTECA UFPR)

SUBRAMANIAN, R. V. Chemistry of adhesion. In: ROWELL, R. M. **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. p. 323-348.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 204 cm-97**: solvent extractives of wood and pulp. Atlanta, 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 207 cm-99**: water solubility of wood and pulp. Atlanta, 1999.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 211 om-02**: ash in wood, pulp, paper and paperboard - combustion at 525°C. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 212 om-02**: one percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 222 om-02**: acid-insoluble lignin in wood and pulp. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 252 om-02**: pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 257 cm-02**: Sampling and preparing wood for analysis. Atlanta, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 264 cm-97**: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta, 1997.

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

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. 262 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 2012. 554

f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

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

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S. PRATA, J. G. Avaliação das propriedades mecânicas da madeira de espécies de pinus tropicais. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 21-28, mar. 2014.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.94-11, 1996.

TSOUMIS, G. **Science and Technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall, 1991.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Plants database**. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/checklist.html>>. Acessado em: 13/01/2016.

VICK, C. B. Adhesives bonding of wood materials. In: Forest Products Laboratory. **Wood Handbook – Wood as an engineering material**. Madison: USDA, 1999. p. 9-1; 9-24.

WENGERT, G. A. Princípios básicos para a colagem da madeira. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, n. 64, mai. 2002.

WIEMANN, M. C. Characteristics and availability of commercially important woods. In: Forest Products Laboratory. **Wood Handbook – Wood as an engineering material**. Ed. Centenária. Madison: USDA, 2010. p. 2-1; 2-45.

ZANUNCIO, A. J. V.; COLODETTE, J. L. Teores de lignina e ácidos urônicos na madeira e polpa celulósica de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.2, p. 341-347, 2011.

Zenni, R.D.; Souza, V.C. *Pinaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB71175>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

ZIMMERMAN, D. Adesivos para pisos engenheirados: a fabricação à instalação. *Revista da madeira*, Caxias do Sul, ed. 119, fev. 2006.