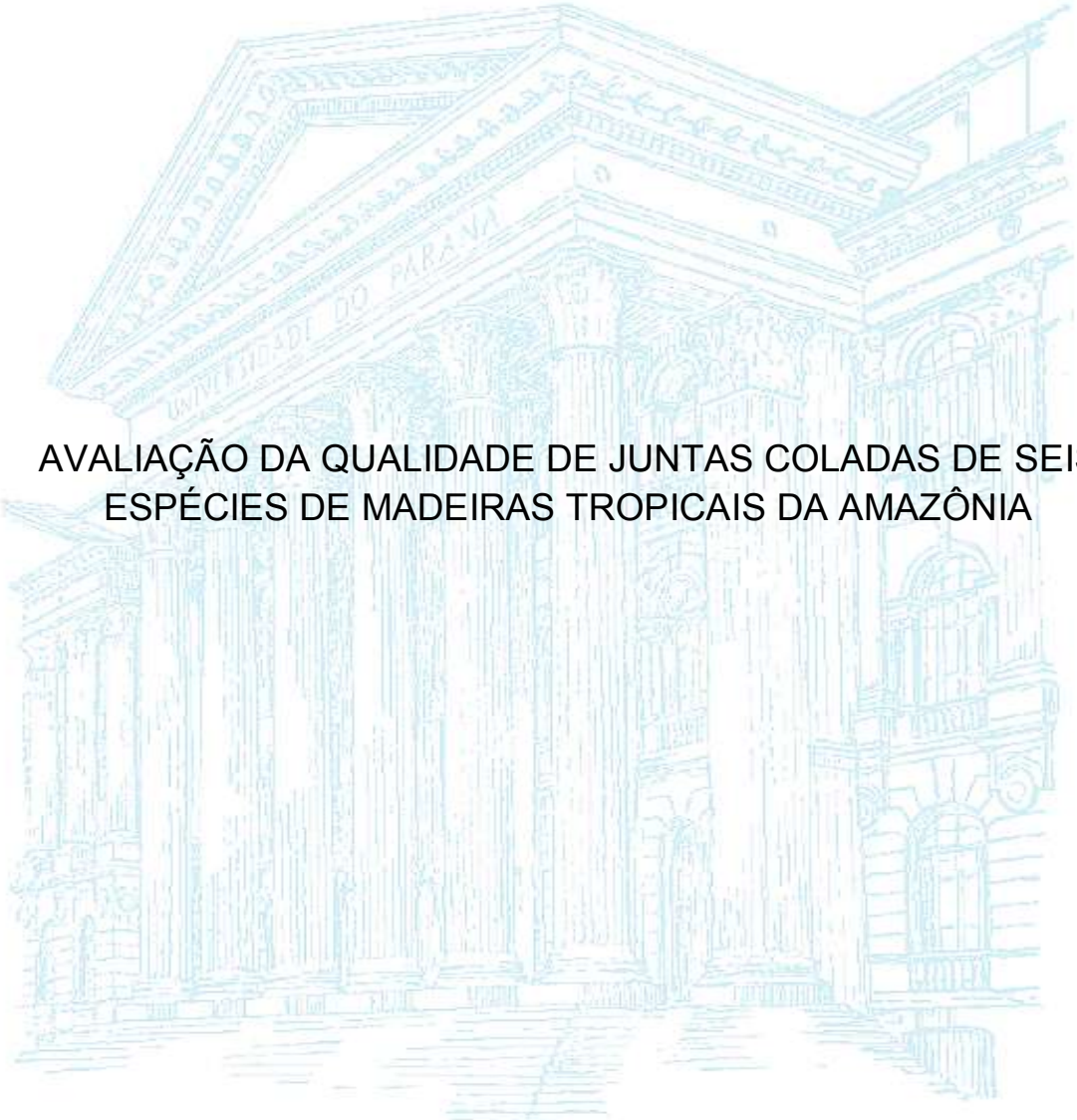


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NARCISO FERNANDO BILA



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE JUNTAS COLADAS DE SEIS
ESPÉCIES DE MADEIRAS TROPICAIS DA AMAZÔNIA

Curitiba-PR

2014

NARCISO FERNANDO BILA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE JUNTAS COLADAS DE SEIS ESPÉCIES DE
MADEIRAS TROPICAIS DA AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de 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-orientadores: Prof. Dr. José Guilherme Prata
Prof.^a Dr.^a. Rosilani Trianoski

Curitiba-PR

2014

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Bila, Narciso Fernando

Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia / Narciso Fernando Bila. – 2014
74 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Coorientadores: Prof. Dr. José Guilherme Prata
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, 17/02/2014.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

1. Madeira - Testes. 2. Madeira - Juntas. 3. Madeira - Trópicos. 4. Árvores – Amazônia. 5. Teses. I. Iwakiri, Setsuo. II. Prata, José Guilherme. III. Trianoski, Rosilani. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 674


CDU – 634.0.810




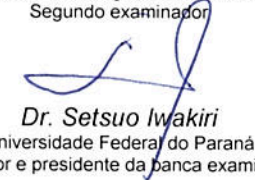
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da
Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa nº. 1012

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Narciso Fernando Bila* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE JUNTAS COLADAS DE SEIS ESPÉCIES DE MADEIRAS TROPICAIS DA AMAZÔNIA**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.



Dr. Alexandre Bayestorff da Cunha
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC
Primeiro examinador


Dr. Adalberto Matoski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Setsuo Iwakiri
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 17 de fevereiro de 2014.


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

À minha filha Kédna Bila
Aos meus pais José F. Bila e Regina Vasco M. Bila
Aos meus irmãos Vitória, Rita, Zito e Dinho
A família Bila no geral.....

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, Universidade Eduardo Mondlane em especial ao Departamento de Engenharia Florestal pela oportunidade oferecida para minha formação;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Setsuo Iwakiri pelos valiosos ensinamentos e incentivos durante todo o desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus co-orientadores, Prof^a. Rosilani Trianosk e ao Prof. Dr. José Guilherme Prata pelas sugestões, críticas e auxílio nos ensaios;

Ao Prof. Dr. Dartagnan Baggio Emerenciano, pela confiança, estímulo e contribuição na minha formação;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) através do projeto INCT-Madeiras da Amazônia, às empresas Henkel, Ltda e Momentive, Ltda pela disponibilização do material para a realização desta pesquisa;

Às laboratoristas Dioneia Romero e Eliane Silva pelo auxílio e atenção disponibilizada durante as análises químicas;

Ao Sr^o Vitor Daniel Herreira e Sr. Ademir José Cavalli pela ajuda na preparação dos sarrafos e confecção dos corpos-de-prova;

Agradeço a minha família formidável, motivo de meu orgulho e que sempre me auxiliou na busca de ser uma pessoa melhor, sempre desejando sorte e forças para que este Mestrado fosse concluído com êxito;

Aos amigos Estevão Eduardo Chambule, Anabela Fernandes, Theoma Otobo e Taiane Dias Ferreira pela amizade, convívio e apoio prestado durante os anos de formação no Brasil;

Aos companheiros e amigos de laboratório de painéis de madeira, Mário Massayuki, Robero Daniel, Vinicius Castro, Barbara Talamine Villas Bôas, Rafael Azambuja e Rafael Braz, pela amizade e convívio;

Ao CNPQ- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro a esta pesquisa;

A todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho, o meu muito Kxanimambo (obrigado).

RESUMO

As florestas tropicais da região amazônica, constituem um sistema de estrutura complexa que possui uma composição altamente diversificada de espécies com um grande potencial madeireiro. Este trabalho teve como objetivo avaliar a massa específica aparente, propriedades químicas e a qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia pouco conhecidas e utilizadas comercialmente por meio de ensaios de cisalhamento da linha de cola, para avaliar a sua interação com adesivo e inferir sobre a viabilidade de utilização dessas espécies na fabricação de produtos de maior valor agregado (PMVA), especificamente, o *Edge glued panel* - EGP. As espécies utilizadas foram *Protium puncticulatum* J.F. Macbr (Breu vermelho); *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori (Piaozinho); *Manilkara amazonica* (Huber.) Standley. (Abiurana); *Inga paraensis* Ducke (Inga vermelho); *Eschweilera odora* (poepp.) Miers (Mata-Matá); e *Byrsonima crista* Juss (Murici). A colagem foi realizada com os adesivos acetato de polivinila (PVAc) e Emulsão polimérica de isocianato (EPI) em duas gramaturas (120 e 200 g/m²). Os ensaios de cisalhamento da linha de cola e percentual de falhas na madeira foram realizados conforme os procedimentos descritos nas normas CEN/TS 13354:2003 E, e ABNT NBR ISO 12466-1:2006, respectivamente. Os resultados, demonstraram que todas as espécies estudadas apresentam alta massa específica aparente. Os valores de pH e teor de extrativos estão dentro da faixa apresentada na literatura. Nos ensaios de cisalhamento verificou-se que para o adesivo PVAc as espécies com melhor qualidade de colagem foram *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazonica*, enquanto que, para o adesivo EPI a melhor qualidade de colagem verificou-se nas espécies *Protium puncticulatum*, *Eschweilera coriácea*, *Inga paraensis* e *Eschweilera odora*. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de resistência das juntas coladas das espécies nas duas gramaturas utilizadas. Baseado nos requisitos mínimos requeridos pela norma CEN/TS 13354:2003 E, todas espécies apresentaram potencial para produção do EGP.

Palavras chaves: madeira tropical, juntas coladas, *edge glued panel* - EGP, acetato de polivinila, emulsão polimérica de isocianato.

ABSTRACT

The rainforests of the Amazon region constitute a system of complex structure that has a highly diverse species composition with a large timber potential. This study aimed to evaluate the quality of bonded joints of six species of tropical timber Amazon little known and used commercially by testing shear the glue line in order to assess their interaction with adhesive and infer about the feasibility of using of these species in the manufacture of products with higher added value, specifically, the Edge glued panel - EGP. The species used were *Protium puncticulatum* J.F. Macbr; *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori; *Manilkara amazônica* (Huber.) Standley; *Inga paraensis* Ducke; *Eschweilera odora* (poepp.) Miers; e *Byrsonima crispera* Juss. The adhesives used were polyvinyl acetate and emulsion polymer isocyanate in two weights (120 and 200 g/m²). Shear bond strength of the adhesive and percentage of failures in the timber line were performed according to the procedures described in CEN/TS 13354:2003 E, and ABNT NBR ISO 12466-1:2006 standards respectively. The results showed that all species have high bulk density. The pH values and extractive content are within the range reported in the literature. In the shear tests it was found that for the adhesive PVAc species with better quality bonding were *Eschweilera coriácea* and *Manilkara amazonica*, while for the adhesive EPI the best quality of bonding is found in *Protium puncticulatum*, *Eschweilera coriácea*, *Inga paraensis* and *Eschweilera odora*. There was no statistically significant difference between the strength of bonded joints of the species in the two weights used. Based on the minimum requirements of the CEN/TS 13354:2003E standard, all species showed potential for EGP painels production.

Keywords: tropical wood bonded joints, eged glued painel, polyvinyl acetate, emulsion polymeric isocyanate.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - PAINEL COLADO LATERALMENTE (EGP).....	18
FIGURA 02 - ESPÉCIES ESTUDADAS.....	32
FIGURA 03 - SARRAFOS EM CLIMATIZAÇÃO	34
FIGURA 04 - MEDIÇÃO DOS SARRAFOS PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE.....	35
FIGURA 05 - DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	36
FIGURA 06 - ETAPAS DE COLAGEM DOS SARRAFOS.....	39
FIGURA 07 - ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPO-DE-PROVA NAS PEÇAS COLADAS	40
FIGURA 08 - ETAPAS DO ENSAIO DE CISALHAMENTO.....	41
FIGURA 09 - CLASSIFICAÇÃO DE FALHA NA MADEIRA	42
FIGURA 10 - PERCENTUAL DE FALHA NA MADEIRA DE CADA ESPÉCIE NAS GRAMATURAS 120 g/m ² E 200 g/m ² NA COLAGEM COM EPI.....	59
FIGURA 11 - CORRELAÇÕES ENTRE MASSA ESPECÍFICA APARENTE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE CORPOS DE PROVA COLADOS COM PVAc e EPI PARA DUAS GRAMATURAS UTILIZADAS.....	62
FIGURA 12 - PERCENTUAL DE FALHA NA MADEIRA DE CADA ESPÉCIE NA COLAGEM COM PVAc e EPI.....	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - AMBIENTE DE USO DO PRODUTO COLADO EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADESIVO	20
TABELA 02 - PLANO EXPERIMENTAL	38
TABELA 03 - QUANTIDADE DE ADESIVO APLICADO POR SARRAFO	38
TABELA 04 - MASSA ESPECÍFICA APARENTE MÉDIO DAS ESPÉCIES.....	44
TABELA 05 - VALORES MÉDIOS DO PH DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	46
TABELA 06 - VALORES MÉDIOS DE EXTRATIVOS, CINZAS E SOLUBILIDADE EM NaOH DAS ESPÉCIES.....	47
TABELA 07 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ADESIVOS UTILIZADOS.....	49
TABELA 08 - RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS AO CISALHAMENTO	51
TABELA 09 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS EM ESTUDO	54
TABELA 10 - RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS DAS SEIS ESPÉCIES COLADAS COM ADESIVO PVAC	55
TABELA 11 - RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS DAS SEIS ESPÉCIES COLADAS COM ADESIVO EPI	57
TABELA 12 - RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS ESPÉCIES PARA DOIS ADESIVO APÓS O PRÉ-TRATAMENTO	58
TABELA 13 - RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS NAS GRAMATURAS NOMINAIS UTILIZADAS.....	60
TABELA 14 - EFEITO DA GRAMATURA PARA DIFERENTES ESPÉCIES E ADESIVO	61
TABELA 15 - VALORES DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS COM O ADESIVO PVAC	64
TABELA 16. VALORES DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS COM O ADESIVO EPI	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CP	- Corpo de prova
G	- Gramatura
EGP	- Edged glued painel
INPA	- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INCT	- Instituto Nacional de ciência e Tecnologia
ME	- Massa específica
PCL	- Painel colado lateralmente
PMVA	- Produtos de maior valor agregado
PVAC	- Acetato de polivinila
EPI	- Emulsão polimérica de isocianato
SCA	- Setor de Ciências Agrárias
T_{ss}	- Teor de substância sólida
V_{isc}	- Viscosidade
rpm	- Rotações por minuto
km	- Kilómetro
SWP	- Solid wood panel
NS	- Nonstructural

LISTA DE SIMBOLOS

Tf	- Toneladas força
%	- Porcentagem
g/cm^2	- Grama por centímetro quadrado
Kgf/cm^2	- Quilograma força por centímetro quadrado
MPa	- Mega Pascal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1. JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES EM ESTUDO.....	15
2.1.1 <i>Manilkara amazônica</i> (Huber.) Standley. (Abiurana).....	15
2.1.2 <i>Protium puncticulatum</i> J.F. Macbr (Breu vermelho)	15
2.1.3 <i>Eschweilera odora</i> (poepp.) Miers (Mata-Matá).....	16
2.1.4 <i>Eschweilera coriácea</i> (DC.) S.A. Mori (Piãozinho)	16
2.1.5 <i>Inga paraensis Ducke</i> (Inga vermelho).....	17
2.1.6 <i>Byrsonima crispera</i> Juss (Murici).....	17
2.2 PAINEL COLADO LATERALMENTE - EGP.....	18
2.3 ADESIVOS PARA COLAGEM DE MADEIRA SÓLIDA.....	19
2.3.1 Adesivo Poliactato de venila (PVAc).....	20
2.3.2 Emulsão polimérica de isocianato (EPI).....	21
2.4. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COLAGEM.....	22
2.5 FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLAGEM DE MADEIRA.....	23
2.5.1 Propriedades da madeira.....	24
2.5.1.1 Propriedades físicas.....	24
2.5.1.2 Propriedades anatômicas.....	25
2.5.1.2.1 Anéis de crescimento-lenho inicial/tardio.....	25
2.5.1.2.2 Cerne e Alburno.....	26
2.5.1.2.3 Porosidade/permeabilidade.....	26
2.5.1.2.4 Idade.....	27
2.5.1.2.5 Lenho de reação e direcção da grã.....	28
2.5.1.3 Propriedades químicas.....	28
2.5.1.4 Características físico-químicas de adesivo.....	30
2.5.1.5 Preparação da madeira e procedimentos empregados na colagem.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 MATERIAL.....	32
3.2 COLETA DO MATERIAL	33
3.3 PREPARAÇÃO DA MADEIRA	34
3.4 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE.....	35
3.5 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICA DAS ESPÉCIES	36
3.6 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS ADESIVOS	37
3.7 CONFECÇÃO DAS JUNTAS COLADAS	37
3.8 ENSAIOS DE CISALHAMENTO.....	40

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 MASSA ESPECÍFICA APARENTE DAS ESPÉCIES	44
4.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DAS ESPÉCIES	46
4.2.1 pH.....	46
4.2.2 TEOR DE EXTRATIVOS, CINZAS E SOLUBILIDADE EM NAOH.....	47
4.3 PROPRIEDADES DOS ADESIVOS UTILIZADOS	49
4.4 RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS AO CISALHAMENTO.....	49
4.4.1 Ensaio de cisalhamento com pré-tratamento.....	55
4.4.2. Ensaio de cisalhamento sem pré-tratamento.....	62
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	65
6 REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais da região amazônica, constituem um sistema de estrutura complexa que possui uma composição altamente diversificada de espécies com um grande potencial madeireiro, sendo que, o seu aproveitamento necessita de sustentabilidade na exploração e uma racionalização no seu uso. Contudo, para que isso seja viabilizado, surge a necessidade de investigação das propriedades físicas e tecnológicas dessas espécies de forma a maximizar a contribuição destas florestas.

Segundo a SBS (2006), a falta de informações consistentes das espécies desta floresta em relação às propriedades básicas e seu desempenho em diferentes condições de serviço, entre outros fatores, fazem com que sejam ainda pouco utilizadas na produção industrial e muitas vezes desperdiçadas apesar do seu promissor potencial.

Além disso, com a crescente utilização de produtos à base de madeira, verifica-se uma tendência de desenvolvimento de pesquisas na área de tecnologia da madeira, a fim de encontrar um equilíbrio que otimize os benefícios extraídos da madeira e seus derivados através do levantamento de informações que possibilitem o aprimoramento técnico e o desenvolvimento de novas tecnologias que reduzam custos e utilizem da melhor forma as espécies madeireiras. Com isso surgiram os painéis à base de madeira (compensados, aglomerados, painéis de partículas orientadas e de fibras).

Atualmente, uma das alternativas para otimização de equilíbrio no uso de madeira (principalmente a tropical) e seus rejeitos, é a produção de novos materiais que vem sendo divulgados no mercado como “*Engineered wood products*” ou “produtos engenheirados de madeira” ou ainda produtos de maior valor agregado (PMVA) na qual faz parte deste conjunto de produtos o *Eged Glued Panel* (EGP) ou painéis colados lateralmente.

De acordo com Prata (2010), o EGP consiste de sarrafos colados lateralmente podendo estar unidos pelo topo ou não através de emendas do tipo “*finger joints*”, formando um painel de madeira sólida. Várias indústrias já trabalham

com este produto utilizando-se basicamente a madeira de florestas plantadas, principalmente de *Pinus* (ABIMCI, 2007). Ademais, de acordo com Iwakiri (2005), O EGP além de agregar valor, aumenta o rendimento industrial, pois trabalha com sarrafos estreitos ou curtos que anteriormente seriam descartados nas serrarias e no setor de manufatura. Com isto, a matéria-prima pode ser mais bem aproveitada e os custos reduzidas, visto que a madeira representa um dos maiores custos de produção.

Porém, para confecção de um produto engenheirado é importante que seja avaliada primeiramente a capacidade de adesão dessa madeira, pois, segundo MARRA (1980), mais de 70% de todos os produtos confeccionados a partir da madeira utilizam algum tipo de adesivo em sua fabricação. Tal avaliação, obtem-se dos resultados dos testes de resistência das juntas coladas e do percentual de falha na madeira, determinados através de procedimentos padronizados (normas) e reconhecidos a nível internacional.

1.1. JUSTIFICATIVA

Com a necessidade cada vez maior de racionalização da madeira nativa da região amazônica em particular, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em parceria com a Universidade Federal do Paraná (UFPR) no âmbito do projeto “INCT- Madeiras da Amazônia”, têm efetuado pesquisas para identificar e testar algumas espécies nativas com uma ocorrência maior na região, quer seja isoladamente ou combinadas entre si buscado o desenvolvimento de novas tecnologias, que diminuam a geração de resíduos assim como demonstrar seu potencial de utilização na indústria madeireira brasileira, seja em produtos de madeira sólida ou reconstituída de alta qualidade.

É neste âmbito que surge o presente trabalho, com objetivo de avaliar o comportamento de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia submetidas aos ensaios de cisalhamento da linha de cola de modo a compreender a sua interação com adesivo. A partir dos resultados poder-se-á inferir sobre a adequabilidade de utilização dessas espécies na fabricação de um produto colado, especialmente o EGP.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o comportamento de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia por meio de ensaios de cisalhamento da linha de cola.

Os objetivos específicos foram:

- Determinar a massa específica aparente das espécies;
- Determinar as propriedades químicas das espécies;
- Avaliar a resistência da ligação adesiva das juntas coladas de diferentes espécies com adesivo poliacetato de vinila - PVAc e emulsão polimérica de isocianato - EPI;
- Avaliar o efeito da gramatura na qualidade de colagem das madeiras em ensaios de cisalhamento da linha de cola;
- Analisar o efeito da massa específica aparente na resistência ao cisalhamentos da linha de cola das espécies em estudo;
- Avaliar o percentual de falhas na madeira das juntas coladas; e
- Indicar as espécies com maior potencial para a produção do painel EGP.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização das espécies do estudo

2.1.1 *Manilkara amazônica* (Huber.) Standley. (Abiurana)

Espécie arbórea pertencente à família Sapotaceae, vulgarmente conhecida como “maparajuba”, em algumas regiões também é conhecida como Muirajuba, Muirapiranga-roxa, Paraju, Parajuba, Pau-de-esteira, Apraiú, Aprauá, Abiurana e Balata. A espécie possui árvores de grande porte, fuste longo e retilíneo, com altura geralmente variando de 30 a 40m, podendo algumas vezes, atingir 50m (LOUREIRO *et al.* 1979).

Anatomicamente, apresenta cerne/alburno distintos, cor do cerne marrom-avermelhado-escuro a vermelho-escuro, cor do alburno rosa. Anéis de crescimento distintos, grã direita, textura fina, brilho ausente e Resistência ao corte transversal manual dura (LOUREIRO *et al.* 1979).

A madeira possui massa específica seca, verde e básica de 0,96; 1,26 e 0,83 g/cm³, respectivamente. Secagem em estufa rápida (7 dias), com tendência moderada a rachaduras, a torcimento forte e a encanoamento médio. Usada em construções pesada, construção leve, embarcações, torneados, chapas e instrumentos musicais (LOUREIRO *et al.* 1979).

2.1.2 *Protium puncticulatum* J.F. Macbr (Breu vermelho)

Árvore da família das Burseráceas, a qual compreende 16 gêneros e mais de 800 espécies tropicais e subtropicais. Espécies de Burseraceae são endêmicas na região amazônica e possuem enormes possibilidades econômicas, destacando seus óleos essenciais, que é um dos mais importantes grupos de matérias primas para várias indústrias, notadamente as de perfumaria, alimentícia e farmacêutica (ANDRADE; HIGUCHI 2009; MARQUES *et al.* 2010).

Madeira com cerne/alburno pouco distintos, cor marrom acinzentado a marrom avermelhado claro, Anéis de crescimento indistintos, grã direita, textura

média a fina, brilho forte e massa específica básica de 0,55 a 0,60 g/cm³. Serragem e aplainamento fácil e superfície de acabamento lisa. Usada em construção em geral, caixotaria e marcenaria (LOUREIRO; SILVA, 1968).

2.1.3 *Eschweilera odora* (poepp.) Miers (Mata-Matá)

Espécie de árvore da família Lecythidaceae. Pode ser encontrada na Amazônia, no Brasil, nas Guianas, na Colômbia e na Venezuela (LORENZI, 2002). Madeira pesada, com massa específica básica e aparente de 0,69 e 0,82 g/cm³ respectivamente, Cerne/alburno pouco distintos, espessura do alburno de 7,0 cm a 8,0 cm; cor do cerne marrom-claro, cor do alburno cinza-rosado, camadas de crescimento pouco distintas, grã direita, textura média, brilho ausente, cheiro imperceptível e resistência ao corte manual dura. Sua madeira pode ser usada em estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa) e torneado (LOUREIRO *et al.* 1979).

2.1.4 *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori (Piãozinho)

É uma espécie arbórea da família Lecythidaceae encontrada nos trópicos da América Central e do Sul, Sudeste da Ásia e África, incluindo Madagascar (MORI, 2008). A família tem aproximadamente 200 espécies neotropicais distribuídas em 11 gêneros (PRANCE: MORI, 1979). No Brasil, está representada por uma média de 13 gêneros e 150 espécies, amplamente distribuídas, principalmente na Região Norte (BARROSO *et al.* 1978).

Anatomicamente, caracteriza-se por possuir cerne/alburno indistintos, cor marrom-claro, camadas de crescimento pouco distintas, grã direita, textura média, brilho ausente, cheiro imperceptível e dura resistência ao corte manual. A sua massa específica básica e aparente é de 0,73 e 0,98 g/cm³, respectivamente (LOUREIRO *et al.* 1979). A madeira pode ser usada em construção, móveis e artigos domésticos decorativos, torneados, brinquedos e artigos domésticos utilitários.

2.1.5 *Inga paraensis* Ducke (Inga vermelho)

Árvore da família Fabaceae (Mimosoideae), tronco retilíneo com diâmetro (DAP) médio de 44,0 cm e uma altura comercial de 5,80m. Anatomicamente, possui cerne/alburno indistintos, com uma cor marrom-avermelhado-claro, com listras amarelo-oliva na face radial, anéis de crescimento distintos, grã cruzada irregular e textura média a grossa (LOUREIRO *et al.* 1979).

A madeira possui massa específica seca, verde e básica de 0,98; 1,26 e 0,80 g/cm³, respectivamente. Seca muito rápida (2 dias), com tendência moderada ao encanoamento, torcimentos médios e rachaduras fortes. Usada em construção pesada e construção leve (LOUREIRO *et al.* 1979).

2.1.6 *Byrsonima crisper* Juss (Murici)

Árvore da família Malpighiaceae predominantemente tropical com 65 gêneros e cerca de 1.250 espécies, das quais aproximadamente 85% são neotropicais (CAMERON *et al.* 2001). No Brasil ocorrem 32 gêneros com cerca de 300 espécies, distribuídas em diversas formações vegetais (BARROSO *et al.* 1991).

As espécies desse gênero são conhecidas popularmente como “murici” e podem apresentar hábitos herbáceos, arbustivos, arbóreos ou escandentes. De algumas espécies desse gênero também se utiliza a madeira na fabricação de caibros e vigas por sua leveza. Algumas são empregadas em curtumes e para tingir tecidos, devido à grande quantidade de taninos e matéria tintorial existente nas cascas (PEREIRA *et al.* 2002), e para recuperação de áreas degradadas, por apresentarem rápido crescimento (RIBEIRO *et al.* 1999).

De acordo com Loureiro *et al.* (1979), a madeira dessa espécie possui uma massa específica básica de 0,72 g/m³.

2.2 Painel colado lateralmente – PCL

Painel Colado Lateral ou *Edge Glued Panel* (EGP) é caracterizado como sendo um conjunto de peças de madeira coladas lateralmente formando um painel (Figura 01). Os sarrafos podem apresentar união de topo, que pode ser reta ou do tipo *finger-joint*. De acordo com a ABIMCI (2007), estes painéis são considerados como Produto de Maior Valor Agregado “PMVA”, pois como o próprio nome diz, agrega valor ao produto primário (sarrafos). O EGP é amplamente utilizado na confecção de móveis, portas, pisos e também na construção civil.

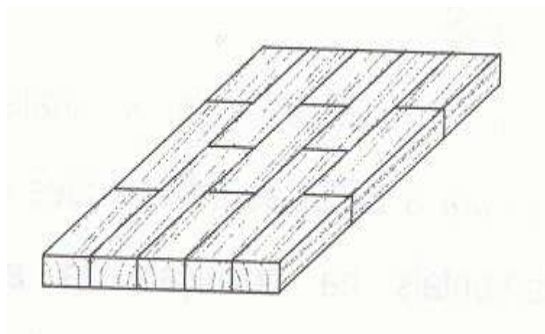


FIGURA 01. PAINEL COLADO LATERALMENTE
FONTE: ABIMCI (2004)

Ainda de acordo com a ABIMCI (2007), comumente não são aplicados revestimentos ao EGP haja visto que o efeito decorativo é dado pelo próprio desenho da madeira e/ou pelas emendas. No caso do EGP de baixa qualidade, ou seja, aquele onde o efeito decorativo do desenho da madeira é comprometido pela evidência de nó morto ou medula, é prática revestir o painel com lâminas decorativas.

A qualidade do EGP está relacionada a presença de defeitos observados nos sarrafos que compõem o painel. A principal matéria-prima utilizada para a fabricação do EGP é o *Pinus*, que provém, principalmente, de florestas plantadas localizadas nos estados do Paraná e de Santa Catarina, e de algumas espécies nativas da Amazônia, como o ipê, imbuia, jatobá e outras. O eucalipto, devido ao seu potencial produtivo, vem ganhando importância nos últimos anos (FOELKEL, 2008; ABIMCI, 2007).

No Brasil, a maior parte da produção de EGP é absorvida pela indústria moveleira. O crescimento anual da produção do EGP tem se situado em torno de 4% e o do consumo abaixo de 1%. As exportações têm como principal destino Alemanha e Coréia, e vêm evoluindo a uma média anual de 29% (ABIMCI, 2007). Por outro lado, ABRAF (2012) afirma que as exportações de painéis EGP no ano de 2011, juntamente com *blocks&blanks*, molduras e carvão vegetal originaram U\$163 milhões.

2.3 Adesivos para colagem de madeira sólida

A colagem é uma etapa fundamental para a moderna indústria de produtos da madeira, promovendo um aproveitamento mais racional da matéria-prima e que ultimamente vem se tornando uma necessidade, tanto pela tecnologia desenvolvida quanto pela escassez de madeira sólida (LIMA *et al.* 2008). A utilização de adesivos pelo homem remonta a alguns milhares de anos, tendo em vista que o aumento da sua utilização se deu principalmente pelo surgimento de máquinas de beneficiamento de madeira e colagem de lâminas para produção de compensados (IWAKIRI, 2005).

Existem duas classes de adesivos: os adesivos naturais e os adesivos sintéticos. No passado, a colagem de madeira foi baseada na utilização dos adesivos naturais de base vegetal ou animal, mas com a evolução do conhecimento, os adesivos sintéticos passaram a ser utilizadas na fabricação de produtos reconstituídos de madeira (TSOUMIS, 1991).

A atual revolução tecnológica alcançada pelo setor moveleiro e madeireiro, proporciona uma diversificação nas opções de uso de adesivos através da abertura de múltiplas possibilidades de eficácia e produtividade que, somadas ao crescente número de usos específicos, exigem conhecimento altamente especializado para a escolha dos produtos e processos mais adequados às operações de colagem (REMADE, 2007).

Segundo a Vick (1999), a escolha do adesivo está em função do ambiente no qual o produto colado será utilizado, conforme ilustrado na Tabela 01.

TABELA 01. AMBIENTE DE USO DO PRODUTO COLADO EM FUNÇÃO DO TIPO DE ADESIVO

Classificação de adesivo	Ambiente de Uso	Tipo de adesivo
Estrutural	Exterior	Melamina-formaldeído (MF) Emulsão polímero/isocianato Fenol-formaldeído (FF) Resorcinol-formaldeído (RF) Fenol-resorcinol-formaldeído (FRF)
	Exterior Limitado	Epóxi Melamina-uréia-formaldeído (MUF) Isocianato
	Interior	Uréia-formaldeído (UF) Caseína
Semi-estrutural	Exterior Limitado	Poliuretano Polivinil acetato “ <i>crosslinking</i> ” Acetato de polivinila (PVAc) “Hot-melt”
Não Estrutura	Interior	Animal Amido Soybean

FONTE: PRATA (2010), traduzido de Forestry Product Laboratory, (1999).

Sendo assim, importa ressaltar que a escolha do adesivo mais adequado se faz em função das variáveis e necessidades de processo, das exigências técnicas da colagem e das condições ambientais no local da colagem e destino final do produto colado.

2.3.1 Adesivo acetato de polivinila (PVAc)

O adesivo PVAc vulgarmente conhecidos como “*cola branca*” é um produto obtido pela polimerização em solução aquosa do acetato de vinila. Este polímero é um excelente adesivo, possui boa resistência a solventes, óleos e graxas e sua resistência a passagem de oxigênio é superior a de qualquer polímero conhecido. É um dos poucos polímeros semicristalinos solúveis em água, com boas características interfaciais e mecânicas. No entanto, as propriedades básicas do PVAc dependem do grau de polimerização (MARTEN, 1985).

Iwakiri (2005), menciona em relação as propriedades básicas do PVAc que o teor de sólidos médio está entre 51 e 55%, pH ente 4,0 e 5,0 e uma faixa de viscosidade variando de 6.000 a 8.000 cp

De acordo com Corrêa (1997), esses adesivos são normalmente termoplásticos, ou seja, a colagem ocorre pela simples evaporação do solvente (água), resultando numa colagem de baixa resistência a temperatura. Podem também ser termofixos, nos quais além de ocorrer a evaporação do solvente, ocorre também uma polimerização, e posterior cura, resultando numa colagem com excelente resistência a água e a temperatura.

Heinrich (2001), cita como vantagens dos adesivos PVAc a praticidade para o uso, um baixo tempo de processo, formam uma união flexível, pouco abrasiva e transparente, são fáceis de limpar e permitem um elevado tempo de armazenagem; como desvantagens são termoplásticos e sofrem fadiga.

Por suas excelentes vantagens, o PVAc é utilizado para toda e qualquer operação de colagem de madeiras para uso interno, e dentre estas operações, as principais são colagem de painéis sarrafeados, emendas do tipo “*finger-joint*”, laminação e montagem (HAUBRICH *et al*, 2007). Este adesivo, também tem sido usado em processamento de papel, fibras e como estabilizante de emulsão.

2.3.2 Emulsão polimérica de isocianato (EPI)

Os adesivos isocianatos podem ser considerados um dos mais recentes desenvolvimentos da tecnologia de colagem da madeira. Segundo Conner (2001), esses adesivos resultam da emulsificação em água do polímero de difenilmetano-diisocianato (MDI). Sua ativação faz-se pela adição de um endurecedor ou catalisador o que torna esse adesivos bicomponentes.

De acordo com Conner (2001), os isocianatos, ureia e o fenol formaldeído são as resinas termorrígidas mais utilizados para colagem de madeira e devido ao seu alto desempenho, é indicado especialmente para colagem de artefatos de madeira, vigas, portas e janelas, *finger joint*. Porém, o alto custo e a necessidade de mistura antes da aplicação são as principais desvantagens.

O EPI pode também ser utilizado na colagem de substratos diferentes (metal/madeira) onde se necessita resistência térmica e/ou a umidade, através dos

processos de cura por rádio frequência ou através dos processos convencionais: prensa quente e prensa fria (MOMENTIVE LTDA, 2011).

De acordo com o Boletim Técnico do adesivo EPI utilizado nessa pesquisa (MOMENTIVE LTDA, 2011), as características físicas deste adesivo são de líquido branco, Teor de sólidos encontra-se entre 42,0 - 46,0%, ph entre 7,0 a 8,5 e viscosidade media situada entre 4000 – 7000.

2.4 Ensaios de resistência da linha de cola

A colagem da madeira desempenha um papel crescente na indústria de produtos florestais, sendo um fator chave para a utilização eficiente do recurso madeireiro. Com a crescente utilização de produtos à base de compostos de madeira torna-se importante compreender a interação da interface entre a madeira e o adesivo utilizado na confecção de produtos colados (FRIHART; HUNT, 2010).

Vick (1999) afirma que a capacidade de adesão da madeira constitui uma das mais importantes propriedades tecnológicas deste material. Ainda de acordo com o mesmo autor, o uso de substâncias adesivas com a finalidade de unir elementos de madeira promove a obtenção de peças com dimensões maiores que as obtidas diretamente da árvore e o aproveitamento dos resíduos de processamento, minimizando os defeitos técnicos e valorizando propriedades como resistência, desempenho, peso e aparência estética da superfície.

Segundo Kollmann; Kuenzi; Stamm (1978), para avaliar a capacidade de adesão da madeira, são realizados os ensaios de cisalhamento da linha de cola que consistem na separação das suas fibras, causada por um esforço paralelo às mesmas (deslizamento). Esses ensaios têm como finalidade avaliar a qualidade da linha de colagem e classificar o produto segundo o local de utilização, ou seja, se o mesmo pode ser destinado ao uso interior (avaliado no ensaio seco), intermediário (avaliado no ensaio úmido) ou exterior (avaliado no ensaio pós-fervura).

Sendo assim, normas como da ASTM (2000), ASTM D-143 (2007) e ASTM D-198 (2009), NBR 9534 (1986) e Européias EN 310 e 314-2 (1993) entre outras, versam sobre os procedimentos para determinação da capacidade de adesão da

madeira sendo que todas exigem que entre os resultados dos testes sejam reportados os valores de resistência das juntas coladas e o Percentual de falha na madeira, bem como a variabilidade destes resultados (ABRAHÃO; VARELLA; PINTO, 2003).

Para a presente pesquisa, a qualidade das juntas coladas foi determinada de acordo com a norma CEN/TS 13354:2003E “*Solid wood panel – Bonding quality – test method*”. De acordo com essa norma, previamente ao ensaio mecânico, os corpos-de-prova devem ser submetidos à pré-tratamentos de acordo com a condição de uso do painel: uso não estrutural seco (SWP/1 NS), úmido (SWP/2 NS) ou externo (SWP/3 NS) com um mínimo de 10 (dez) corpos-de-provas para cada tratamento.

Ressalta-se que se uma cola penetra suficientemente fundo na madeira e se torna rígida após a sua cura, é esperado que a resistência da ligação seja maior que a resistência da própria madeira. As exceções a este comportamento só podem ser explicadas como consequência de uma escolha inadequada do adesivo, ou uma série de parâmetros relacionados às características físico-químicas do adesivo e do material a serem colados ou por defeitos na operação de colagem (VICK, 1999).

O conhecimento das potencialidades de um adesivo e como ele pode ser afetado pelo ambiente, é a base para a compreensão dos muitos fatores que afetam a resistência a colagem da madeira.

2.5 Fatores que influenciam na colagem de madeira

Algumas características intrínsecas da madeira bem como as características físico-químicas do adesivo promovem significativas interferências no processo de colagem. Deve-se salientar que, devido à sua origem biológica, as variáveis relacionadas às características da madeira são em grande parte inalteráveis contrariamente aquelas relacionadas com o adesivo que podem ser facilmente ajustáveis ou modificáveis.

2.5.1 Propriedades da madeira

A madeira é um material heterogêneo, e sua diversidade anatômica e química é refletida em várias propriedades físicas, tais como: porosidade/permeabilidade; comportamento quanto à capilaridade; condutividade térmica; e difusão da água de impregnação (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2000).

2.5.1.1 Propriedades físicas

De acordo com a USDA (1999), a colagem da madeira é afetada pela massa específica (densidade), conteúdo de umidade e alterações dimensionais. Porém, a massa específica constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas, servindo na prática como uma referência para a caracterização tecnológica da madeira.

A massa específica da madeira, apresenta uma relação inversa com a porosidade e a capacidade de penetração de adesivo na sua estrutura lenhosa. Segundo USDA (1999) e Iwakiri (2005) na madeira de baixa massa específica, ocorre maior penetração do adesivo podendo resultar em uma linha de cola "faminta", enquanto que as madeiras de alta massa específica são difíceis de colar por possuírem paredes de células espessas e lúmens pequenos, fazendo com que a penetração do adesivo seja limitada a uma ou duas células de profundidade o que por sua vez, originará uma junta de qualidade inferior às obtidas com madeira de massa específica baixa. Ademais, Vick (1999) afirma que, o aumento da massa específica tende a aumentar a resistência da linha de cola, principalmente na faixa de massa específica de 0,7 e 0,8 g/cm³. A partir deste ponto existe uma tendência de diminuir a resistência à ligação colada.

Segundo Marra (1992), mudanças no teor de umidade sempre causam alteração dimensional e estas induzem tensões na linha de cola, efeito que é mais pronunciado em madeiras de alta massa específica. Wengert (2002), afirma que o conteúdo de umidade ideal para colagem da madeira depende da densidade, mas geralmente está em torno de 4,1% a 13%, no entanto, ressalva que não há um conteúdo de umidade padrão na indústria de produtos a base de madeira sendo

importante apenas garantir que o produto final tenha uma umidade próxima da umidade de equilíbrio do local onde será empregado.

Selbo (1975), afirma que se a madeira estiver seca demais, ela retira muito rapidamente a água da linha de cola, a adesão é alta, mas a cola logo desaparece, começando imediatamente o processo de cura, o adesivo não é mais capaz de preencher e umectar sob pressão na prensa. No caso de alta umidade da madeira, a cura e a secagem da linha de cola serão deficientes; o tempo de prensagem será longo, com baixa resistência da linha de cola, havendo com isso formação de bolhas de vapor durante a prensagem.

De forma geral, a influência do conteúdo de umidade da madeira na formação da ligação adesiva, está relacionada com a quantidade e o ritmo de absorção do adesivo líquido pela madeira. Portanto, quanto menor o conteúdo de umidade da madeira, maior será a taxa de absorção, velocidade de cura e solidificação do adesivo (IWAKIRI 2005).

2.5.1.2. Propriedades anatômicas

As propriedades anatômicas da madeira possuem uma significativa influência na colagem de madeiras, a exemplo da variabilidade na densidade e porosidade que ocorre em: lenhos inicial e tardio, cerne e alburno, e lenho juvenil e adulto. Outrossim, destaca-se a influência da instabilidade dimensional do lenho de reação, assim como o da direção da grã, em que a penetrabilidade se relaciona com a direção de corte.

2.5.1.2.1 Anéis de crescimento - Lenho inicial/tardio

Segundo Marra (1992), umas das diferenças entre espécies resulta do padrão de crescimento de cada árvore. Durante a estação de crescimento, e dependendo da demanda geneticamente conduzida que sofre alterações ao longo do tempo, formam-se diferentes tipos e tamanhos de células originando anéis de crescimento

onde grandes células são formadas no lenho inicial, e células robustas no lenho tardio.

Algumas árvores apresentam um crescimento uniforme durante toda a estação de crescimento e, portanto, produzem anéis menos distintos. Em folhosas, o lenho formado por último, numa estação do ano, normalmente apresenta maior número de fibras do que no lenho formado inicialmente, e desta forma, uma maior quantidade de lenho tardio é formado, proporcionando um material lenhoso de maior densidade (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2000).

A significativa diferença de porosidade entre lenho inicial e tardio, e a pequena proximidade entre estas duas zonas na superfície da madeira, são causadores de uma das maiores dificuldades a superar na formulação de adesivos bem como na penetrabilidade do mesmo, podendo resultar na formação da linha de cola faminta ou espessa e comprometendo deste modo a qualidade de colagem (MARRA, 1992).

2.5.1.2.2 Cerne e alburno

A distinção entre cerne e alburno é clara na maior parte das espécies, já que em corte as toras apresentam uma porção mais escura de madeira no centro e uma porção mais clara na parte externa. A primeira corresponde ao cerne constituído por células mortas, formando uma estrutura mais ou menos enrijecida de suporte e a segunda ao alburno. Contudo, nem sempre esta diferença é facilmente percebida, pois a mudança de cor pode ser gradual e pouco marcada.

Segundo Iwakiri (1998), a variabilidade entre cerne e alburno se relaciona com a densidade e a porosidade. Por outro lado, Albuquerque e Latorraca (2005) ressaltam que o cerne, em relação ao alburno, é menos permeável, possuindo maiores dificuldades na secagem, na absorção de produtos preservativos e penetração do adesivo.

2.5.1.2.3 Porosidade/permeabilidade

A porosidade e a permeabilidade são propriedades de grande interesse, sob o ponto de vista prático, principalmente quando se pretende unir duas peças de madeira por meio de um adesivo. Porosidade refere-se à dispersão dos vasos na seção transversal da madeira enquanto que a permeabilidade é a medida da capacidade de circulação de um fluido através dos vasos, sem alterar a sua estrutura interna da madeira.

De acordo com Iwakiri (1998), a porosidade se relaciona com a densidade, que influenciam na penetração dos adesivos na madeira sendo que quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasiona uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca.

De forma geral, a porosidade e a permeabilidade têm influência significativa na capacidade de adesão entre as madeiras, pois conforme a disposição dos espaços vazios haverá a penetração do adesivo, promovendo a adesão mecânica com a madeira e, quanto mais permeável for a madeira maior será a penetração deste adesivo nas cavidades celulares. Sendo assim, para adequar o grau de penetração do adesivo em função da variação da permeabilidade e porosidade da madeira, é preciso controlar a viscosidade do adesivo, através da compensação da alta permeabilidade com o aumento da viscosidade e vice-versa (IWAKIRI, 2005).

2.5.1.2.4 Idade

Marra (1992), afirma que o outro grande fator de variabilidade entre diversos tipos de madeira, causador de muitos problemas de colagem, é relativo à idade das árvores. Com a idade, ocorrem mudanças químicas, física e anatômicas na madeira que podem afetar a mobilidade de adesivos.

O lenho juvenil possui anéis de crescimento largos, mas a madeira produzida possui a tendência de possuir qualidade inferior, pois é mais fraca, possuindo contração e inchamento mais elevados ao longo da grã. É relativamente fácil para processar a colagem, devido a sua baixa densidade e estrutura porosa, porém a

baixa resistência e instabilidade limita a sua utilização. Por outro lado, árvores velhas tendem a um lento crescimento, com produção de estreitos anéis, além de apresentarem uma percentagem de cerne mais elevada, com quantidade de albúrnio mais reduzida (MARRA, 1992).

2.5.1.2.5 Lenho de reação e direção da grã

Segundo Marra (1992), o lenho de reação que compreende o lenho de compressão nas madeiras de coníferas, e o lenho de tração nas madeiras de folhosas, apresenta anormalidades em suas características. Esse tipo de lenho apresenta contração e inchamento em níveis altos ao longo da grã, além da alta densidade e baixa resistência. A elevada instabilidade, de forma não comum, ao longo da grã, causa excessivos empenamentos e, se reprimidos, ocasionam fraturas transversais às fibras. Não obstante ao anterior, Marra (1992), afirma que madeiras com lenho de reação são de fácil colagem, apesar da sua instabilidade constituir uma fonte de tensões nos produtos colados e, portanto, produzir efeitos adversos na sua estabilidade.

Por outro lado, direção da grã refere-se à orientação geral dos elementos verticais (longitudinais ou axiais) constituintes do lenho em relação ao eixo da árvore. O ângulo relativo à real direção das fibras da madeira é mais importante, e possui forte influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. O movimento da umidade, a estabilidade dimensional, a resistência, e propriedades relativas ao acabamento de superficial, estão diretamente relacionadas diretamente com o ângulo da grã (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2000).

Marra (1992), afirma que os efeitos da grã na formação adesiva envolvem, principalmente, a porosidade, que ocorre em diferentes planos de corte. Grã cruzada ou superfície de topo, pelas suas demasiadas porosidades, provocam excessiva penetração, ocasionando a linha de cola “faminta”.

2.5.1.3 Propriedades químicas

A madeira é quimicamente constituída de componentes majoritários que compreende a celulose, polioses e lignina, e os componentes minoritários, formados por extrativos e substâncias inorgânicas (cinzas). A influência destes componentes químicos da madeira na formação e performance da ligação adesiva está relacionada, principalmente à exposição de áreas de maior ou menor concentração de extrativos na superfície da madeira a ser colada (IWAKIRI, 2005). Ainda segundo o mesmo autor, as propriedades químicas da madeira mais importantes na colagem são os extrativos, pH e teor de cinzas.

De acordo com Sjöström (1981) e Klock (2000); são considerados extrativos, substâncias químicas que não fazem parte da parede celular ou lamela média, com baixa massa molecular, geralmente constituídos de materiais orgânicos como graxas, óleos, gorduras, taninos, carboidratos, ácidos gomas e resina. Estes materiais são produzidos durante a formação do cerne e seu efeitos predominantes, estão relacionados à redução da higroscopicidade e da permeabilidade/porosidade da madeira.

Lima *et al.* (2007), acrescenta que, em função da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo influenciando consequentemente a qualidade de colagem.

Sjöström (1981) e Jankowsky (1988), afirmam que o teor de extrativos é em geral inferior a 10%, podendo as madeiras tropicais apresentarem maiores quantidades ocasionando maiores dificuldades de colagem. Por outro lado, Moslemi (1974) acrescenta que o elevado teor destes componentes pode reduzir consideravelmente a resistência à adesão interna (que se caracteriza em uma linha de cola de baixo desempenho) ou ainda proporcionar um relativo aumento na resistência a umidade.

O pH de uma solução é uma medida de sua concentração de íons de Hidrogênio. Na madeira, o pH varia conforme a espécie e situa-se geralmente na faixa de 3,0 a 5,5 (STAMM, 1964). Esta variação pode ocorrer também ao nível de

uma peça de madeira, em função da migração de extrativos de camadas mais internas para as camadas superficiais, alterando as condições de colagem. O pH pode favorecer o pré-endurecimento do adesivo impedindo a habilidade de fluidez, umectação e penetração (IWAKIRI, 2005).

Em relação as cinzas, Iwakiri (2005) afirma que, o seu conteúdo na madeira encontra-se normalmente abaixo de 0,5% e não afeta diretamente a performance da ligação adesiva. Poderá afetar o pH ou as características de usinabilidade da madeira, devido à presença de minérios como a sílica e seu efeito quanto ao desgaste excessivo das ferramentas de corte.

Browning (1963) citado por Trianoski (2010), realça que, o conteúdo de cinzas na madeira é normalmente baixo porém algumas madeiras de clima tropical podem atingir 5% de materiais orgânicos.

2.5.1.4 Características físico-químicas de adesivo

Segundo Iwakiri (2005), dentre as características do adesivo que podem influenciar a colagem de madeira são: viscosidade, teor de sólidos e pH. A viscosidade pode ser definida como a resistência ao fluxo livre entre as camadas de uma matéria, ou ainda, a grandeza que caracteriza a existência de atrito através de moléculas de um fluído e que se manifesta através de escoamento. Por outro lado, o teor de sólidos corresponde a quantidade de sólidos contidos na resina. Por fim, o pH de uma solução aquosa é definida como a concentração de ions de H^+ e OH^- .

A característica dos adesivos com maior influência na qualidade de colagem de madeira é a viscosidade, sendo que, quanto maior for, menor é a penetração do adesivo na estrutura capilar da madeira, formando linha de cola mais espessa, ocasionando insuficiência interligação no sistema madeira-adesivo-madeira, e uma consequente qualidade inferior na colagem. Contrariamente, quanto menor a viscosidade ocorre uma maior penetração do adesivo e sua absorção pela madeira (IWAKIRI, 2005).

Em relação a colagem, é também importante considerar o pH do adesivo como também da madeira, pois influenciam na solidificação da linha de cola. De acordo com Iwakiri (2005), o pH do adesivo não deve ultrapassar a faixa de 2,5 a 11, pois podem resultar em degradação das fibras da madeira. Além disso, pH muito baixo pode provocar uma formação excessiva de espuma na mistura, prejudicando sensivelmente a aplicação do adesivo. A variação do teor de sólidos, influencia outras propriedades como a aderência, viscosidade, tempo em aberto etc.

2.5.1.5 Preparação da madeira e procedimentos empregados na colagem

A qualidade da superfície de produtos de madeira é também uma das propriedades mais importantes no processo de acabamento e na resistência de colagem. Na preparação da madeira para a colagem, o aspecto relacionado com a qualidade da superfície, como aspereza e imperfeições superficiais (depressões e ondulações resultantes da perda de células e também pela danificação parcial ou total dos elementos anatômicos), reduz o grau de aproximação de duas peças a serem coladas, prejudicando as funções de movimento do adesivo (IWAKIRI, 2005).

De uma maneira geral a superfície deve ser suave, lisa e livre de irregularidades como lascas ou fendas. Deve estar isenta de óleos, poeiras ou outros fragmentos (DUNKY *et al.* 2002). A sub-superfície da madeira quando danificada, em função do processo inadequado de corte ou aplicação excessiva de pressão, podem também resultar em falhas na madeira na linha de cola.

De forma geral, segundo Iwakiri (2005), as seguintes variáveis são de importância fundamental no processo de colagem de madeiras:

- Formulação e quantidade de adesivo a ser aplicado em função da espécie, espessura e área superficial da peça de madeira a ser colada;
- Os parâmetros do ciclo de prensagem, em relação à temperatura, pressão e tempo de prensagem, também influenciarão a qualidade de colagem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Na presente pesquisa, foram estudadas 6 espécies de madeira tropical da Amazônia: *Protium puncticulatum* J.F. Macbr (Breu vermelho); *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori (Piãozinho); *Manilkara amazônica* (Huber.) Standley. (Abiurana); *Inga paraensis* Ducke (Inga vermelho); *Eschweilera odora* (poepp.) Miers (Mata-Matá); e *Byrsonima crispera* Juss (Murici). A Figura 02, ilustra as madeiras das espécies estudadas.

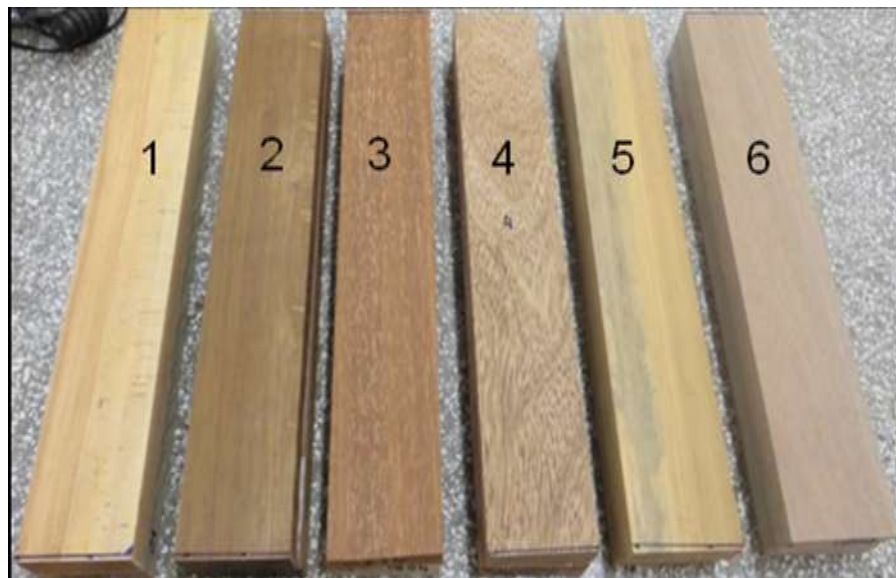


FIGURA 02. ESPÉCIES ESTUDADAS: 1 - Breu Vermelho; 2 – Piãozinho; 3 – Abiurana; 4 – Inga vermelho; 5 – Mata-matá; 6 – Murici.

FONTE: O Autor, (2013).

A madeira foi fornecida em forma de tábuas e pranchões pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) no âmbito do projeto INCT- Madeiras da Amazônia num dos seus subprojetos intitulado “*Desenvolvimento de tecnologia de produtos de madeiras sólidas e reconstituídas de alta qualidade*”. As tábuas, possuíam inicialmente um teor de umidade médio de 16,74%, o que representa um valor elevado para que fossem usinadas e coladas, tendo sido necessário efetuar-se a estabilização do seu teor de umidade a 12%.

Para a colagem das peças de madeira, foram utilizados o PVAc Aquence KL 245 D3 conhecido como Dorus KL 245A fabricado pela empresa Henkel Ltda., e o EPI EL-70 fabricado pela Momentive Química do Brasil Ltda. A escolha do PVAc, deveu-se ao seu potencial de produtividade, disponibilidade no mercado e de baixo custo de aquisição. No caso do EPI, deveu-se as vantagens técnicas relacionadas ao desempenho das uniões adesivas, aliado ao fato de existir poucos estudos com madeira tropical que empregaram este tipo de adesivo.

3.2 Coleta do material

As amostras de madeiras para o estudo foram coletadas na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) de propriedade do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, localizada no km 23 da estrada ZF-2, uma vicinal dentro do Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) no km 50 da BR-174 (Manaus – Boa Vista), distante 60 km de Manaus, e possui área de 21.000 hectares.

Esta área é coberta por floresta primária densa de terra firme, típica da região central da Amazônia. Está localizada a latitude de 02°35'55,5" Sul e longitude 60°02'14,8" Oeste de Greenwich. Segundo a classificação climatológica de Köppen o clima da área é do tipo Af, pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso. A temperatura para o mês mais frio nunca é inferior a 18°C. A distribuição das chuvas durante o ano indicam isotermia, com pluviosidade em torno de 2.000mm, não há propriamente verão e inverno distintos (RIBEIRO, 1976).

A amostragem das árvores, foi feita em uma parcela de 1 hectare onde primeiramente para cada espécie, foi inventariada e selecionados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro de $25 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 60 \text{ cm}$, com exceção dos indivíduos que apresentaram sapopema acima do diâmetro a altura do peito (DAP). Após o corte das árvores e seccionamento para obtenção das toras, as mesmas foram encaminhadas a uma serraria onde foram desdobradas em serra fita, obtendo-se tábuas e pranchões antes de serem transportadas para Curitiba.

3.3 Preparo da madeira

Obtidas as tábuas (sem orientação definida dos planos de corte), fez-se uma classificação visual das mesmas para seleção daquelas que não apresentavam defeitos como nós, rachaduras, podridão entre outros. Em seguida, as tábuas foram reduzidas em pequenos sarrafos com dimensões de 22 X 60 X 350 mm. Os sarrafos foram acondicionados em câmara climática com vista a se proceder a estabilização da umidade a um teor de 12% antes de serem usinados. Durante a estabilização da umidade (Figura 03), os sarrafos foram submetidos a condições ambientais constantes numa câmara climática com temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65\pm 5\%$.



FIGURA 03. SARRAFOS EM CLIMATIZAÇÃO
FONTE: O Autor, (2013).

Após a estabilização, os sarrafos foram usinados no Laboratório de Usinagem da Madeira da UFPR, com dimensões finais de 20 X 50 X 310 mm obtendo-se 16 sarrafos com todas as faces limpas para cada espécie e um total de 96 considerando as seis espécies alvos de estudo.

Para análises químicas, peças de madeiras de cada espécie foram primeiramente convertidas em cavacos e em seguida transformados em serragem através do moinho de facas tipo Willey. A serragem foi submetida a classificação em

peneiras de malhas entre 40 e 60 *mesh* de fração. Foi produzido 60 gramas de serragem por espécie.

3.4 Determinação da massa específica aparente

Para todos sarrafos, foram tomados dados de peso em balança de 0,01g de precisão e dimensões de espessura, largura e comprimento através de um paquímetro digital e trena (Figura 04) para a determinação da massa específica aparente antes de serem submetidas a colagem..



FIGURA 04. MEDIÇÃO DOS SARRAFOS PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE

FONTE: O Autor, (2013).

A norma ABNT 7190 (1997), foi utilizada para determinação da massa específica aparente obtendo-se a massa e o volume das peças com teor de umidade de aproximadamente 12% e calculada através da relação:

$$ME_{ap} = \frac{M_{12\%}}{V_{12\%}}$$

Onde: ME_{ap} – massa específica aparente (g/cm^3); $M_{12\%}$ - massa a 12% de umidade (g); e $V_{12\%}$ – Volume a 12% de umidade (cm^3).

3.5 Determinação das propriedades química das espécies

Na determinação das propriedades químicas das espécies, foi utilizada a serragem classificadas em 60 *mesh*. As análises foram realizadas no Laboratório de Química de Madeira (LQM) do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal - SCA, pertencente a Universidade Federal de Paraná (UFPR). Todas as propriedades foram efetuadas de acordo com os procedimentos recomendados pela norma TAPPI (2002) (*Technical Association of Pulp and Paper Industry*), realizando-se 3 repetições por análise e espécie. As propriedades determinadas estão descritas abaixo:

- Solubilidade em hidróxido de sódio (1% NaOH) - TAPPI 212 om-02
- Extrativos totais - TAPPI 204 om-88;
- Materiais orgânicos ou Cinzas TAPPI 211 om-93;
- pH - TAPPI 252 om-02.

A Figura 04, ilustra algumas etapas da determinação das propriedades químicas das espécies.



FIGURA 05 - DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS: a) Moagem dos cavacos; b) Partículas classificadas por espécie; c) Solubilidade; d) Extração; e) Cinzas; f) Medição do pH. FONTE: O Autor, (2013).

3.6 Determinação das propriedades dos adesivos

Os adesivos foram alvos de avaliação da sua qualidade com vista a certificar as informações fornecidas pelo fabricante. Tal avaliação consistiu na determinação das seguintes propriedades: pH, viscosidade, teor de sólidos e densidade baseando-se nos procedimentos adaptados da Norma ASTM D1582-60 (1994).

A determinação do pH foi feita utilizando-se um pHmetro, à temperatura de 25°C, colocando-se o eletrodo diretamente dentro de um béquer contendo 50g de adesivo. A viscosidade média foi obtida em Viscosímetro Brookfield, sendo que a haste agitador (*spindle*) empregado para a determinação da viscosidade dos adesivos foi o de número 3 (três) e 4 (quatro) para os adesivos EPI e PVA, e três velocidade de rotação de 2, 4 e 10 rpm. O teor de sólidos foi determinado evaporando-se os componentes voláteis em 1g de resina seco em estufa a 105°C por 3 horas, e a densidade da resina obteve-se pela relação massa e volume contido em picnômetro. Para cada propriedade avaliada, foram efetuadas três repetições.

3.7 Confecção das juntas coladas

As peças das juntas coladas foram obtidas aos pares (duas a duas) em função do tratamento (espécies/adesivo/gramatura), formando 8 conjuntos para cada espécie implicando assim, em 2 repetições por tratamento conforme o plano experimental apresentado na Tabela 02.

TABELA 02. PLANO EXPERIMENTAL

Espécies	Adesivo	Gramatura (g/m ²)	Nº de juntas coladas	Nº CPs Ensaio a úmido	Nº CPs Ensaio seco
<i>Protium apiculatum</i>	PVAc	120	2	12	8
		200	2	12	8
	EPI	120	2	12	8
		200	2	12	8
<i>Eschweilera coriácea</i>	PVAc	120	2	12	8
		200	2	12	8
	EPI	120	2	12	8
		200	2	12	8
<i>Manilkara amazônica</i>	PVAc	120	2	12	8
		200	2	12	8
	EPI	120	2	12	8
		200	2	12	8
<i>Inga paraensis</i>	PVAc	120	2	12	8
		200	2	12	8
	EPI	120	2	12	8
		200	2	12	8
<i>Eschweilera odora</i>	PVAc	120	2	12	8
		200	2	12	8
	EPI	120	2	12	8
		200	2	12	8
<i>Byrsonima crispera</i>	PVAc	120	2	12	8
		200	2	12	8
	EPI	120	2	12	8
		200	2	12	8

FONTE: O Autor, (2013).

O adesivo foi aplicado em uma das superfícies (linha simples) e espalhado com ajuda de um rolo de espuma, em gramatura de 120 e 200 g/m², tanto para o PVAc, quanto para o EPI. A quantidade de adesivo aplicado em cada sarrafo (Tabela 03), foi calculada através da seguinte fórmula:

$$G = \frac{Mca - Msa}{A}$$

Onde: G – gramatura (g/m²); Msa = massa de madeira sem adesivo (g); Mca – massa de madeira com adesivo (g); e A – área a ser colada (m²).

TABELA 03. QUANTIDADE DE ADESIVO APLICADO POR SARRAFO

Gramatura (g/m ²)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Área (m ²)	Quantidade de adesivo (g)
120	5	31	0,0155	1,86
200	5	31	0,0155	3,10

Para todos tratamentos, a preparação do adesivo obedeceu as prescrições do fabricante. A pressão específica foi de $6,45 \text{ kgf/cm}^2$ exercida por meio de um torquímetro (30 N.m) onde as peças permaneceram sob pressão por 3 horas em temperatura ambiente (20°C) para ambos os adesivos.

É importante ressaltar que, o valor da pressão aplicada corresponde a média da pressão obtida através de um ensaio de prensagem preliminar realizado na espécie de maior densidade e na de menor densidade dentre as estudadas. Esse ensaio, consistiu na aplicação de pressão até a verificação visual do ponto máximo de escorrimento do adesivo pelas bordas dos sarrafos para as gramaturas de 120 e 200 g/m^2 em cada espécie, sendo em seguida anotado o valor de torque correspondente a esse ponto máximo. A Figura 05, ilustra as etapas de colagem e prensagem das peças.



FIGURA 06. ETAPAS DE COLAGEM DOS SARRAFOS: a) Aplicação do adesivo; b) Montagem dos sarrafos; c) e d) Prensagem.

FONTE: O Autor, (2013).

Após a colagem as juntas foram acondicionadas por um período de 7 dias para cura total do adesivo antes da confecção dos corpos-de-prova.

3.8 Ensaios de cisalhamento

De cada uma das Juntas coladas, foram obtidos 10 corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento conforme o esquema da Figura 06. Importa ressaltar que, os ensaios de cisalhamento da linha de cola em todas as espécies, foi realizada de acordo com as recomendações estabelecidas pela norma CEN/TS 13354:2003E “*Solid wood panel – Bonding quality – test method*”. De acordo com essa norma, os corpos-de-prova elaborados para ensaios de cisalhamento considerando condições de uso final a seco (como na presente pesquisa), devem ser submetidos a um pré-tratamento que consiste em imergí-los em água a uma temperatura de 20°C durante 24h antes de realizar os ensaios. Porém, na presente pesquisa para efeitos de verificação dos valores de resistência da linha de cola, elaboraram-se também corpos-de-prova para serem ensaiados sem o tratamento recomendado (condição normal).

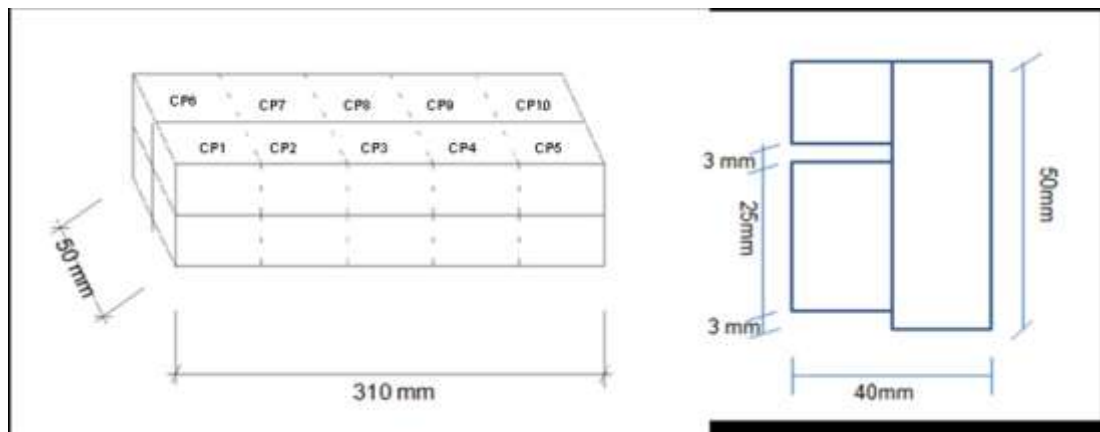


FIGURA 07. ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPO-DE-PROVA NAS PEÇAS COLADAS (A ESQUERDA) E A FORMA DO CORPO DE PROVA (A DIREITA) DE ACORDO COM A NORMA CEN/TS 13354:2003 E.

Considerando que o delineamento experimental possuía seis espécies, dois adesivos, duas gramaturas por adesivo e que os ensaios de cisalhamento deviam ser feitos com corpos-de-prova submetidos ao pré-tratamento e outros sem o pré-tratamento (condição normal), um total de 480 corpos-de-prova foram obtidos para todas as seis espécies.

Após confecção dos corpos-de-prova, os mesmos foram submetidos ao ensaio de cisalhamento da linha de cola numa máquina universal de ensaios de

marca EMIC com capacidade para 300kN equipada com uma célula de carga com capacidade de 3000kgf. A Figura 07 ilustra algumas etapas do pré-tratamento e da realização do ensaio de cisalhamento.

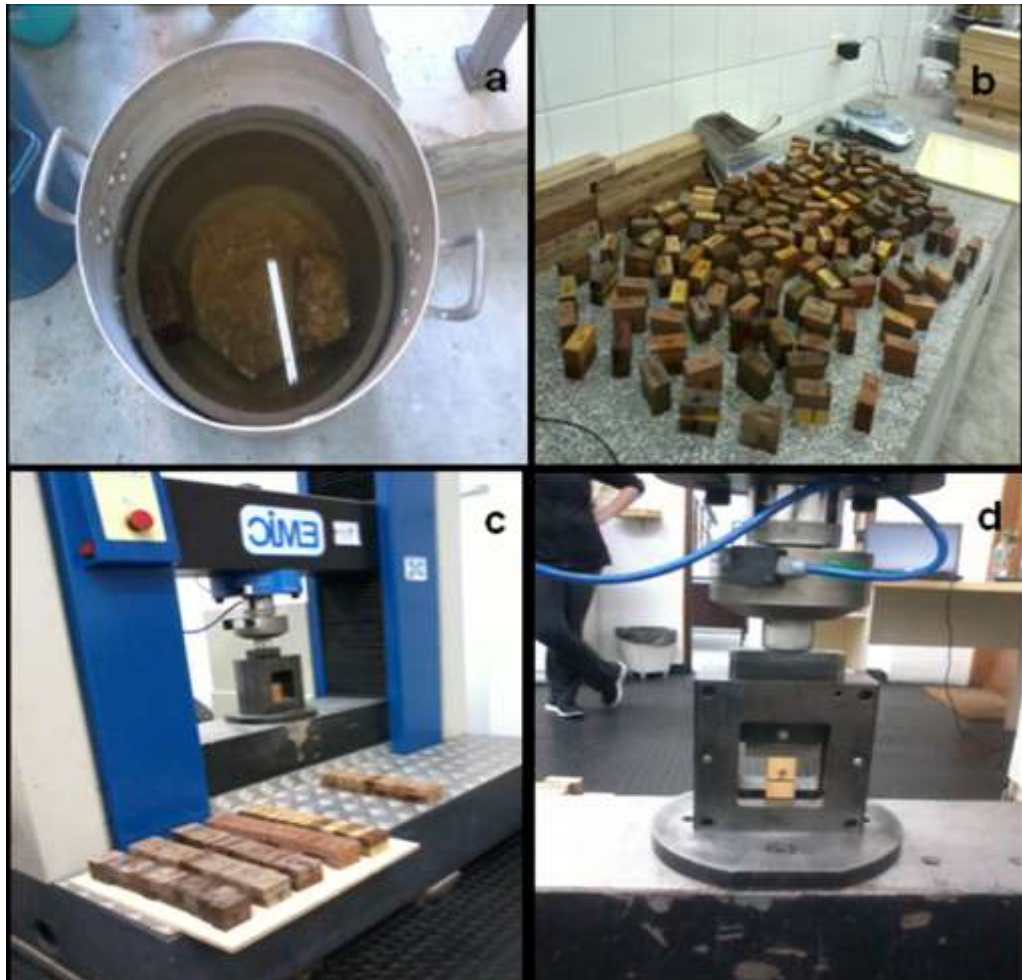


FIGURA 08. ETAPAS DO ENSAIO DE CISALHAMENTO: a) pré-tratamento imersão em água 24h; b) corpos-de-prova tratados; c) e d) Cisalhamento
FONTE: O autor, (2013).

Ressalta-se que, para o atendimento das condições estabelecidas pela norma CEN/TS 13354:2003 E, o quinto percentil inferior da resistência ao cisalhamento dos corpos-de-prova, calculado conforme a norma EN 326-1 (2002), deve ser igual ou superior a 2,5 MPa.

Após o cisalhamento, foi feita a classificação visual da qualidade de colagem para se apurar a eficiência de colagem por meio de avaliação da porcentagem de falhas da madeira, ou seja, a porcentagem de fibras arrancadas nas faces coladas de cada corpo-de-prova. Sendo essas variáveis inversamente proporcionais, quando

se identifica 100% de falha no adesivo se tem 0% de falha na madeira, como se ilustra na Figura 08. Para essa avaliação a norma ABNT NBR ISO 12466-1:2006 foi utilizada.

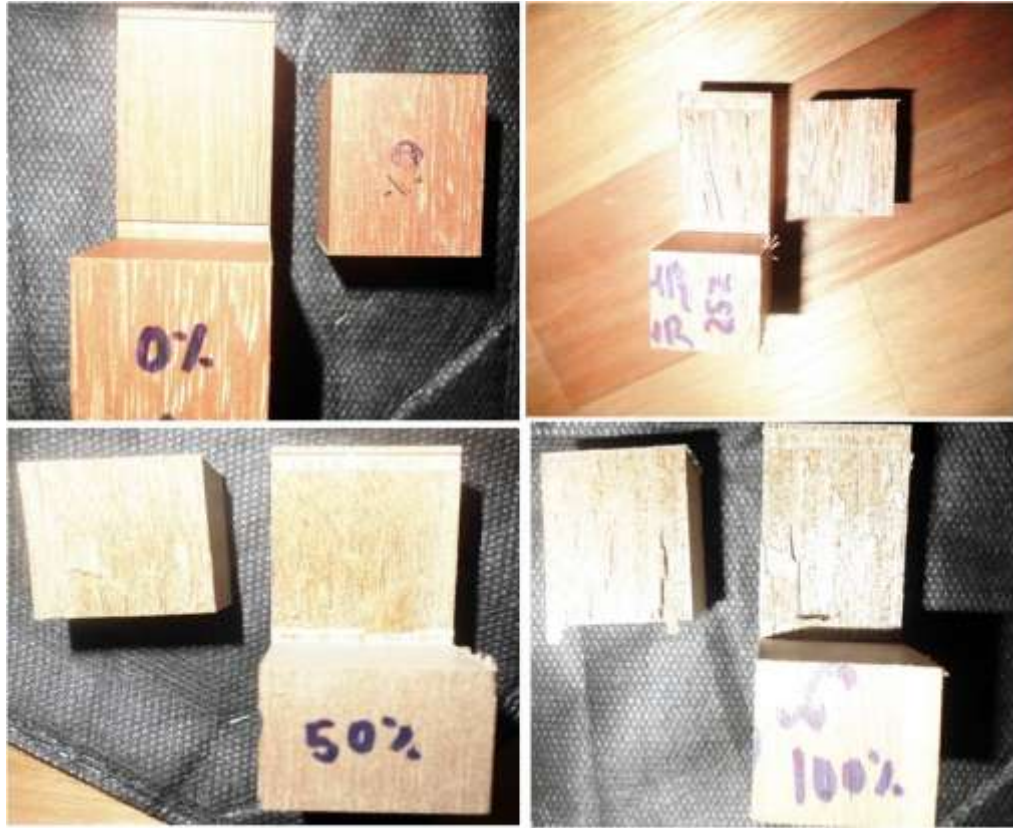


FIGURA 09. CLASSIFICAÇÃO DE FALHA DA MADEIRA
FONTE: O Autor, (2013).

A porcentagem de falha na madeira, foi obtida pela inspeção de cada corpo-de-prova por duas pessoas que atribuíram valores à porcentagem de falha (baseando-se em ilustrações de referência da norma ABNT NBR ISO 12466-1:2006) sendo que a média desses valores foi, então, atribuída à amostra. Os corpos-de-prova sem o pré-tratamento (condição normal), foram secos em estufa para determinação do seu teor de umidade logo após a determinação da falha.

3.9 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio de um delineamento estatístico fatorial ($6 \times 2 \times 2$) com três variáveis (espécie, tipo de adesivo e gramatura). Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett e de seguida testadas pelo teste F em análise de variância. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significativas entre médias dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Massa específica aparente

Na Tabela 04, são apresentados os valores médios de massa específica aparente, teste de médias e coeficiente de variação das espécies estudadas.

TABELA 04. MASSA ESPECÍFICA APARENTE MÉDIO DAS ESPÉCIES

Espécies	MEap(g/cm ³)	CV (%)
<i>Eschweilera odora</i>	0,90 c	10,18
<i>Byrsonima crispera</i>	0,89 c	7,11
<i>Eschweilera coriácea</i>	1,21 a	1,28
<i>Manilkara amazônica</i>	1,13 b	5,06
<i>Inga paraensis</i>	0,81 d	7,53
<i>Protium puncticulatum</i>	0,91 c	4,27

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; MEap – massa específica aparente (12%); CV- coeficiente de variação das amostras.

De acordo com a Tabela 04, a espécie *Eschweilera coriácea* apresentou maior valor médio da massa específica aparente com 1,21 g/cm³ enquanto que o menor valor foi encontrada na espécie *Inga paraensis* com 0,81 g/cm³. Não foi constatada diferença estatística significativa entre os valores médios da massa específica aparente das espécies *Eschweilera odora*, *Byrsonima crispera* e *Protium puncticulatum*.

Lisboa *et. al.* (1993), determinaram o coeficiente de variação de massa específica aparente para espécies da região Amazônica e encontraram valor de referência 10%, com isso, pode se afirmar que os coeficientes de variação das massas específicas aparente das espécies no presente estudo desmostram um bom nível de segurança visto que estes situam-se abaixo dos 10% com exceção da espécie *Eschweilera odora* que excedeu em 0,18%.

Comparando os valores de massa específica aparente obtidos por Loureiro (1979), para as espécies *Eschweilera coriácea* e *Eschweilera odora*, que foram 0,98

e $0,82 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, estando abaixo dos valores médio encontrados no presente estudo. Esse fato, pode ser explicado pela variação que ocorre na massa específica em função da forma e condição da determinação, procedência, idade, dentro e entre árvores da mesma espécie, informação que não foi apresentado por Loureiro, (1979). Ressalta-se que para as demais espécies não foi encontrada uma bibliografia na qual faz-se menção dos valores da massa específica aparente das mesmas, não havendo uma base de comparação.

Os valores de massa específica aparente das espécies encontrados no presente estudo são maiores em comparação a algumas espécies tropicais comerciais como Angelim (*Hymenolobium sp.*), Tauari (*Couratari guianensis*), Amendoim (*Pterogyne niteus*) que possuem valores de $0,79$, $0,61$ e $0,77 \text{ g/cm}^3$ de massa específica aparente, respectivamente. Com isso, pode se inferir que a colagem das espécies deste estudo pode ser mais difícil em virtude das elevadas massas específicas.

Já para espécies tropicais comerciais como Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Muiracatiara (*Astronium lecointeii*) e Cumarú (*Dipteryx odorata*) com valores de massa específica aparente de $0,92$; $0,97$ e $1,09 \text{ g/m}^2$, respectivamente, pode se inferir que o seu comportamento quanto à colagem será semilar às espécies estudadas nesta pesquisa, visto que, esses valores encontram-se dentro de intervalo de massas específicas obtido no presente estudo ($0,89$ a $1,21 \text{ g/m}^2$).

Ressalta-se que, de acordo com Burger; Richter (1991), madeiras de alta massa específica apresentam menor volume de espaços vazios para a circulação de fluídos como adesivos dificultando a penetração do adesivo com a consequente redução da adesão interna. Porém, Sellar Jr. (1994) afirma que o uso de madeiras de maior massa específica geralmente exige melhor qualidade do adesivo e dos procedimento de colagem.

4.2 Propriedades químicas

4.2.1 pH

A Tabela 05, apresenta os valores médios de pH em dois intervalos de medição (2 e 24 horas) das espécies estudadas. Na tabela, observa-se que os valores médios de pH das espécies *Eschweilera odora*, *Manilkara amazônica*, *Eschweilera coriácea* e *Inga paraensis*, foram estatisticamente iguais entre si e superiores às demais na medição após 24 horas.

Contudo, é importante mencionar que, os valores médios de pH obtidos em todas as espécies encontram-se dentro da faixa de pH para madeira estabelecido por Stamm (1964) que relata valores entre 3,0 e 5,5.

TABELA 05 - VALORES MÉDIOS DO pH DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Espécies	pH	
	(2 horas)	(24 horas)
<i>Eschweilera odora</i>	4,69 A b	5,00 A ab
<i>Byrsonima crispera</i>	3,48 A d	3,99 A c
<i>Eschweilera coriácea</i>	4,91 A b	4,91 A ab
<i>Manilkara amazônica</i>	4,92 A ab	5,35 A a
<i>Inga paraensis</i>	5,24 A a	5,40 A a
<i>Protium puncticulatum</i>	4,36 A c	4,67 A bc
CV (%)	2,59	5,06

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; CV- coeficiente de variação entre as espécies.

A espécie *Byrsonima crispera*, apresentou o valor mais baixo de pH em comparação com as demais espécies sendo de 3,48 e 3,99 para intervalo de medição de 2 e 24 horas respectivamente. Baixos valores de pH tornam as espécies muito ácidas o que de acordo com Kollmann *et al.* (1975) e Iwakiri (2005), pode inviabilizar o uso da mesmas para produção de produtos colados.

Comparando valores de pH entre os dois intervalos de medição (2 e 24 horas), verificou-se um aumento estatisticamente não significativo na maioria das

espécies. Entretanto, em termos de médias absolutas, ocorreu um aumento no pH para maior tempo de medição (24 horas).

Este aumento, pode ser justificado segundo Browing (1963) citado por Trianoski (2010), pela maior alcalinidade resultante da hidrólise do grupo acetil para ácido acético na presença de água.

4.2.2 Teor de extrativos, cinzas e solubilidade em NaOH

Na Tabela 06, estão apresentados os resultados médios do teor de extrativos cinzas e solubilidade em NaOH das espécies estudadas.

TABELA 06 . VALORES MÉDIOS DE EXTRATIVOS, CINZAS E SOLUBILIDADE EM NaOH DAS ESPÉCIES

Espécies	Extrativos totais (%)	NaOH¹ (%)	Cinzas² (%)
<i>Eschweilera odora</i>	7,68 c (0,82)	15,16 c (2,16)	0,64 b (1,92)
<i>Byrsonima crispera</i>	3,19 d (3,07)	13,52 cd (1,47)	0,70 a (2,88)
<i>Eschweilera coriácea</i>	7,79 c (4,26)	13,12 d (6,52)	0,41 d (4,62)
<i>Manilkara amazônica</i>	9,24 b (5,82)	13,32 cd (9,35)	0,19 e (4,23)
<i>Inga paraensis</i>	8,36b c (7,72)	17,36 b (1,09)	0,47 c (6,78)
<i>Protium puncticulatum</i>	11,67 a (2,62)	23,44 a (2,53)	0,43 cd (2,67)

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; ¹ Solubilidade; ² Materiais orgânicos; Número entre parentesis representam o coeficiente de variação entre as amostras.

Analisando os teores de extrativos totais, nota-se que a espécie *Protium puncticulatum* apresentou o maior valor com 11,67% enquanto a espécie que apresentou menor teor de extrativos totais foi a *Byrsonima crispera* com 3,19 %. As espécies *Eschweilera odora*, *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica*, *Inga*

paraensis, não diferiram estatisticamente entre si com teores de extrativos intermediários compreendidos entre 7,68 a 9,24%.

Os valores do teor de extrativos encontrados nas espécies do presente estudo, com a exceção da *Byrsonima crisper* são superiores ao intervalo mais frequente de variação do teor de extrativos de *Pinus* (2,5 - 4,5) estabelecido pelo Kleppe (1970). A comparação surge em virtude da importância comercial do *Pinus* na fabricação de EGP.

Sjöström (1981) e Jankowsky (1988), afirmam que o teor de extrativos é em geral inferior a 10% e a medida que certas espécies (tropicais) apresentam valores superiores a esse, aumenta a dificuldade de colagem das mesmas.

Na solubilidade em hidróxido de sódio (NaOH) constatou-se que a espécie *Inga paraensis* e *Protium puncticulatum*, foram estatisticamente diferentes com valores médios superiores às demais espécies. A espécie *Eschweilera coriácea*, foi a que apresentou menor valor (13,12%) enquanto que nas demais espécies a diferença nos seus níveis de ataque não foi estatisticamente significativa.

De acordo com Sjöström (1981), a solubilidade em hidróxido de sódio, determina o grau de ataque na madeira por fungos e outros agentes de deterioração na madeira.

Com relação aos teores de cinzas, pode se observar que para todas as espécies, os valores encontram se dentro da faixa de materiais orgânicos estabelecido por Tsoumis (1991), e que se situa entre 0,1 a 5,4. Porém, as espécies *Byrsonima crisper* e *Eschweilera odora* foram superiores em comparação com às demais espécies com um teor de cinzas de 0,70 e 0,64 respectivamente.

O menor teor de cinzas foi encontrado para espécie *Manilkara amazônica* com 0,19%. Não foi constatada diferença estatística significativa entre os teores de cinzas das espécies *Inga paraensis*, *Protium puncticulatum* e *Eschweilera coriácea*.

O teor de cinzas das espécies estudadas na presente pesquisa, com exceção da *Manilkara amazônica* é superior ao intervalo de variação do teor de cinzas para *Pinus* (0,3 – 0,4) estabelecido pelo Kleppe (1970).

Sjöström (1981), afirma que o teor de cinzas permite fazer uma inferência sobre o possível desgaste excessivo das ferramentas de corte durante o seu processamento que uma madeira pode proporcionar.

4.3 Propriedades dos adesivos PVAc e EPI

Na Tabela 07, estão apresentados os valores das propriedades físico-químicas dos adesivos utilizados no estudo.

TABELA 07. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ADESIVOS UTILIZADOS.

Propriedade	PVAc		EPI	
	Especificação ¹	Obtido	Especificação ²	Obtido
Viscosidade (25°C)	3000 – 5000 cPs	3879 cPs	4000-7000 cPs	6310
Teor de sólidos	44 – 50%	48,52%	42 - 46%	45,3%
Densidade	-	1,03 g/cm ³	-	1,14 g/cm ³
pH	3,5 -4,5	3,72	7,0 – 8,5 %	7,58

Informação Técnica: ¹Henkel (2013) e ² Momentive Química do Brasil, Ltda; cPs – Centipoise segundo

Com base nos valores obtidos, verifica-se que os adesivos apresentaram-se adequados e de acordo com as especificações técnicas relatadas pelo fabricante.

No entanto, para a propriedade de viscosidade observa-se que o adesivo PVAc apresentou valor médio baixo em comparação ao adesivo EPI. De acordo com Iwakiri (2005), as diferenças na viscosidade dos adesivos resultam em diferentes interações com as características de utilização. Assim sendo, a menor viscosidade do PVAc pode favorecer maior mobilidade e tendência para uma excessiva penetração na madeira beneficiando a colagem de madeira densas enquanto que na madeira de baixa massa específica, pode originar uma linha de cola “faminta”. Por outro lado, a maior viscosidade apresentada pelo adesivo EPI pode aumentar a velocidade de solidificação dificultando a penetração do mesmo na estrutura capilar da madeira.

Já para a propriedade de teor de sólidos, o adesivo PVAc apresentou o maior valor em comparação ao adesivo EPI. Ressalta-se que, o maior valor desta propriedade, é um indicativo de existência de mais componentes formando ligações adesivas ao substrato (madeira) beneficiando a colagem.

Por sua vez, o pH do adesivo PVAc foi inferior ao adesivo EPI. Baixos valores de pH podem resultar na formação excessiva de espuma na mistura prejudicando a aplicação do adesivo.

4.4 Resistência das juntas coladas aos ensaios de cisalhamento

A Tabela 08 apresenta os valores médios de tensão máxima de cisalhamento e o percentual de falha na madeira de cada espécie em função do adesivo e gramatura e o 5º percentil inferior dos corpos-de-prova submetidos ou não ao pré-tratamento para uso em condição seca. Nesta mesma Tabela, estão destacados em negrito os valores de tensão máxima de cisalhamento e do 5º percentil inferior que satisfazem os requisitos mínimos da norma CEN/TS 13354:2003 E, e por conseguinte, as espécies abrangidas nessas condições são recomendadas para a produção de EGP.

Ressalta-se que, os corpos-de-prova ensaiados sem pré-tratamento serviram para verificar o efeito do pré-tratamento exigido pela norma CEN/TS 13354:2003 E, na resistência das juntas coladas, porém, não julgados pela norma em questão.

TABELA 08. RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS AO CISALHAMENTO

Espécies	Adesivo	Gramatura (g/m ²)	Com Pré-tratamento				Sem Pré-tratamento			
			F _{CT} (%)	T.C (MPa)	CV (%)	5° Percentil inferior	F _{ST} (%)	T.C (MPa)	CV (%)	5° Percentil inferior
<i>Protium puncticulatum</i>	PVAc	120	0	3,19	39,67	1,45	58,00	14,64	24,62	10,54
		200	0	4,14	25,12	2,72	70,00	18,08	13,02	14,42
	EPI	120	5,83	9,72	19,15	6,33	96,25	14,92	16,16	10,97
		200	33,33	11,77	12,21	9,80	45,00	14,02	16,55	10,69
<i>Eschweilera coriácea</i>	PVAc	120	0	7,23	20,75	4,97	5,00	19,70	19,96	13,82
		200	0	6,91	18,73	5,05	14,00	18,97	20,58	13,31
	EPI	120	15,00	14,38	21,78	9,63	17,50	15,46	33,18	9,21
		200	8,75	13,76	33,79	6,65	39,38	18,78	12,79	16,54
<i>Manilkara amazônica</i>	PVAc	120	0	8,45	31,18	4,77	11,00	16,05	15,82	12,28
		200	0	7,43	31,04	3,13	19,00	14,43	15,58	11,57
	EPI	120	17,50	9,72	29,77	5,35	36,25	14,92	12,92	12,62
		200	3,33	7,66	46,30	2,66	18,75	11,40	15,82	9,17
<i>Inga paraensis</i>	PVAc	120	0	2,46	64,13	0,41	33,00	8,98	44,47	3,05
		200	0	4,07	29,13	2,33	55,00	16,13	12,63	13,12
	EPI	120	5,00	7,92	18,18	5,77	36,25	14,92	12,92	12,62
		200	12,08	10,78	9,29	9,16	18,75	11,40	15,82	9,17
<i>Eschweilera odora</i>	PVAc	120	0	4,13	17,79	3,15	56,00	13,31	15,80	10,10
		200	0	3,73	31,30	1,82	32,00	12,92	17,78	10,80
	EPI	120	19,17	9,78	16,86	7,10	42,50	11,82	19,48	5,97
		200	22,50	11,54	17,08	9,22	75,00	16,08	19,77	11,31
<i>Byrsonima crispera</i>	PVAc	120	0	2,24	43,62	0,93	90,00	12,30	15,85	9,35
		200	0	3,14	24,62	2,06	67,00	14,04	19,83	10,57
	EPI	120	10,42	6,85	60,82	2,28	61,25	11,82	19,48	8,12
		200	18,75	8,45	25,84	5,52	51,88	13,61	14,81	11,81

F_{CT} e F_{ST} - porcentagem de falha na madeira no ensaio com pré-tratamento e sem pré-tratamento (condição normal); TC – Tensão máxima de cisalhamento; CV – coeficiente de variação da tensão de cisalhamento; valores em negrito atenderam os requisitos da norma CEN/TS 13354:2003 E (5° percentil ≥ 2,5 Mpa).

Considerando a colagem com o adesivo PVAc e os requisitos mínimos exigidos pela norma, observa-se que as espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica* podem ser usadas para a produção de painéis colados lateralmente em ambas gramaturas. Por outro lado, as espécies *Protium puncticulatum* e *Eschweilera odora* demonstraram um bom comportamento das juntas coladas apenas quando submetidas a colagem em gramaturas de 200 e 120 g/m², respectivamente. Não se recomenda a produção de EGP em ambas gramaturas de PVAc para as espécies *Inga paraensis* e *Byrsonima crispera*, por estes não terem atendido os requisitos mínimos de resistência ao cisalhamento estabelecidos pela norma CEN/TS 13354:2003 E.

A verificação do percentual de falha na madeira de todas as espécies estudadas quando coladas com adesivo PVAc, demonstrou 100% de falha na linha de cola ou seja, nenhuma fibra foi arrancada nas faces coladas dos corpos-de-prova submetidos ao pré-tratamento. Esse fato pode ser explicado pela propriedade intrínseca deste adesivo de se tornar reversível em presença de água em função de ser termoplástico, isto é, a força que une entre si as moléculas do adesivo (coesão) fica reduzida quando entra em contato com a água resultando uma linha de cola de baixa resistência.

Ressalta-se que, em geral quando o percentual de falha na madeira varia entre 0% - 25% indica baixa resistência do adesivo e/ou deficiência no processo de colagem tais como superfície lisa, baixa gramatura aplicada, umidade alta na superfície, entre outros; entre 50% - 70% indica uma situação mais adequada do processo de colagem e propriedades do adesivo e entre 75% e 100%, têm-se propriedades de adesão mais fortes.

Com relação ao adesivo EPI, as espécies *Protium puncticulatum*, *Eschweilera coriácea*, *Inga paraensis*, *Manilkara amazônica* e *Eschweilera odora* atenderam as exigências da norma CEN/TS 13354:2003 E, em ambas gramaturas testadas. Por sua vez, a *Byrsonima crispera* apresentou boa colagem com EPI somente em gramaturas de 200 g/m².

Importa ressaltar que, por questões de economia e tendo em conta o custo do adesivo, para as espécies que tiveram uma colagem satisfatória em ambas

gramaturas é recomendável a utilização de gramatura 120 g/m² na produção do EGP destas espécies.

Na análise do percentual de falha na madeira das juntas coladas com adesivo EPI nos corpos-de-prova submetidos ao pré-tratamento, verificou-se para todas as espécies valores muito baixos não chegando sequer aos 50% com tendência de redução para gramatura de gramatura de 120 g/m², demonstrando uma baixa eficiência da linha de cola.

Importa mencionar que, a norma ABNT NBR ISSO 12466 -1:2006 utilizada para avaliação do percentual de falhas na madeira no presente estudo, considera que, quando a tensão média de cisalhamento for maior que 1,0 MPa ou 1,0 N/mm² (como no presente caso) não existe requisitos mínimos exigidos de avaliação de ruptura coesiva aparente na madeira. Contudo, os resultados aqui apresentados permitem fazer uma análise sobre o comportamento das espécies em relação a porcentagem de falha na madeira que cada uma originaria.

Com base ainda na Tabela 08, verifica-se que para os corpos-de-prova não submetidos ao pré-tratamento, os valores de tensão de cisalhamento encontrados em todas as espécies e adesivos remete-nos a situação de uma boa colagem testemunhados pelos elevados valores de tensão de cisalhamento e pelos valores baixos dos seus coeficientes de variação. Com relação ao percentual de falha na madeira, as espécies *Protium puncticulatum* e *Byrsonima crispera* tiveram mais de 50% em ambas gramaturas quando coladas com PVAc enquanto que as espécies *Inga paraensis* e *Eschweilera odora*, o percentual de falha na madeira foi superior a 50% apenas para as gramaturas de 200 e 120 g/m² respectivamente. Para as espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica*, em ambas gramaturas o percentual de falha na madeira esteve abaixo de 50% indicando baixa resistência da linha de cola das juntas coladas com adesivo PVAc.

O percentual de falha na madeira no ensaio sem pré-tratamento das juntas coladas com adesivo EPI, foi superior a 50% em ambas as gramaturas somente na espécie *Byrsonima crispera*. As espécies *Protium puncticulatum* e *Eschweilera odora* apresentaram valores de porcentagem de falha na madeira acima de 50% apenas quando coladas em gramatura de 120 e 200 g/m² respectivamente. Para as demais

espécies, o percentual de falha na madeira esteve abaixo de 50% quando coladas com adesivo EPI.

Em geral, analisando os resultados apresentados na Tabela 08 observa-se que independente da espécie assim como da gramatura, o adesivo EPI mostrou-se melhor em relação PVAc em condições de ensaios com pré-tratamento por ter contemplado maior número de espécies que atenderam as exigências da norma CEN/TS 13354:2003 E e ocorrência em todas as espécies de alguma falha na madeira. Na condição de ensaio sem o pré-tratamento os adesivos tiveram um desempenho similar.

Na Tabela 09 estão apresentados os resultados da análise fatorial para verificar o efeito isolado das variáveis: espécie, adesivo e da gramatura sobre a resistência ao cisalhamento da linha de cola e as suas respectivas interações nas condições com pré-tratamento e sem pré-tratamento.

TABELA 09. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS EM ESTUDO

Variável	Significância	
	Com pré-tratamento	Sem o pré-tratamento
Espécies	*	*
Adesivo	*	*
Gramatura	*	*
Espécie x Adesivo	*	NS
Espécie x Gramatura	*	*
Adesivo x Gramatura	NS	NS
Espécie x Adesivo x Gramatura	NS	*

NS - não significativo ($p \geq 0.05$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Através da Tabela 09, verifica-se que a interação das variáveis: adesivo x gramatura e a interação espécie x adesivo x gramatura não exercem nenhum efeito sobre a resistência ao cisalhamento da linha de cola na condição de ensaio com pré-tratamento. Por sua vez na condição sem o pré-tratamento, a resistência ao cisalhamento não foi influenciada pela interação espécie x adesivo assim como pela interação adesivo x gramatura.

Para as três variáveis alvos de estudo nesta pesquisa (espécie, adesivo e gramatura), verificou-se que a influência na resistência ao cisalhamento das juntas coladas é significativa, sendo as análises subsequentes deste trabalho estarem

voltadas a discussão individual das mesmas no ensaio em condição com o pré-tratamento. Para o ensaio sem o pré-tratamento, apresentam-se somente os resultados da comparação dos valores de resistência ao cisalhamento das espécies discriminadamente para cada adesivo e o percentual de falha na madeira.

4.4.1 Ensaio de cisalhamento com pré-tratamento

4.4.1.1 Influência da espécie na resistência de juntas coladas

A influência da espécie na resistência ao cisalhamento das juntas coladas das seis espécies é apresentada de forma discriminada para cada adesivo e gramaturas utilizadas nas Tabelas 10 e 11.

TABELA 10. RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS DAS SEIS ESPÉCIES COLADAS COM ADESIVO PVAc

Adesivo	Espécie	Gramatura (g/m ²)	
		120	200
PVAc	<i>Protium puncticulatum</i>	3,19 bc	4,14 b
	<i>Eschweilera coriácea</i>	7,23 a	6,91 a
	<i>Manilkara amazônica</i>	8,45 a	7,43 a
	<i>Inga paraensis</i>	2,46 bc	4,07 b
	<i>Eschweilera odora</i>	4,13 b	3,73 b
	<i>Byrsonima crispa</i>	2,24 c	3,14 b

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade

Através da Tabela 10, pode se observar que para gramatura 120 g/m² as juntas coladas das espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica* apresentaram valores de resistências superiores em relação às demais espécies e estatisticamente iguais entre si. A baixa resistência da juntas coladas foi verificada nas espécies *Protium puncticulatum*, *Inga paraensis* e *Byrsonima crispa* cujos valores são estaticamente iguais entre si em cada gramatura.

Com relação a gramatura de 200 g/m², as espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica* apresentaram os maiores valores de resistências das juntas coladas e estatisticamente iguais entre si. As demais espécies tiveram um desempenho similar.

Vick (1999); USDA (1999); Iwakiri (2005), entre outros autores, afirmam que, espécies com elevada massa específica são mais difíceis de serem colados por possuírem paredes de células espessas e lúmens pequenos, fazendo com que a penetração do adesivo seja deficiente dificultando a colagem. Com isso, esperava-se que algumas espécies neste estudo tivessem resistência das juntas coladas reduzida principalmente as mais densas como a *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica* o que não foi observado.

Na tabela 10, pode se verificar também que, os valores de resistência nas espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica* são maiores em termos de médias absolutas na menor gramatura (120g/m^2). Essa situação, pode ser justificado talvez por não ter havido escorrimento de adesivo pelas bordas das juntas coladas quando o adesivo foi aplicado em gramatura de 120g/m^2 . Outra razão para essa situação, pode estar relacionada com as elevadas massas específicas apresentadas pelas espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazônica* que proporcionaram menor absorção do adesivo e maior escorrimento pelas bordas, principalmente na maior gramatura (200g/m^2).

Já para as espécies *Protium puncticulatum* e *Inga paraensis* que apresentaram massas específicas menores ocorreu o inverso, onde a maior gramatura foi mais absorvida refletindo diretamente na resistência. O alto teor de extrativos totais das espécies *Protium puncticulatum* e *Inga paraensis* pode ter influenciado no aumento da dificuldade de penetração do adesivo e por conseguinte nos valores da resistência das juntas coladas.

Moslemi (1974), afirma que o elevado teor de extrativos pode reduzir consideravelmente a resistência à adesão interna que caracteriza-se em uma linha de cola de baixo desempenho.

Para as espécies *Eschweilera odora* e *Byrsonima crispera* que apresentaram baixos valores de resistência das juntas coladas, mesmo tendo menores massas específicas podem ter a baixa resistência relacionada à composição química não necessariamente ao carácter quantitativo dos extrativos mas talvez ao carácter qualitativo dos mesmos. A estrutura anatômica (não analisada na presente pesquisa) pode ter influenciado também nos valores de resistências das juntas dessas espécies.

De acordo com Iwakiri (2005), influência da anatomia na qualidade de colagem de peças de madeira está relacionada principalmente à sua estrutura. As dimensões, a distribuição e a frequência das diferentes células que constituem o lenho estão relacionadas à porosidade e à permeabilidade da madeira e, conseqüentemente, influenciam a qualidade de colagem entre peças de madeira.

Com base na Tabela 11, é possível analisar o efeito da espécie na resistência ao cisalhamento das juntas das seis espécies estudadas, coladas com o adesivo EPI com gramaturas de 120 e 200 g/m².

TABELA 11. RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS DAS SEIS ESPÉCIES COLADAS COM ADESIVO EPI

Adesivo	Espécie	Gramatura (g/m ²)	
		120	200
EPI	<i>Protium puncticulatum</i>	9,72 b	11,77 a
	<i>Eschweilera coriácea</i>	14,38 a	13,76 a
	<i>Manilkara amazônica</i>	9,72 b	7,66 c
	<i>Inga paraensis</i>	7,92 bc	10,78 abc
	<i>Eschweilera odora</i>	9,78 b	11,54 ab
	<i>Byrsonima crispa</i>	6,85 c	8,45 bc

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se através da Tabela 11 que, para o EPI a espécie *Eschweilera coriácea*, apresentou o maior valor de resistência das juntas coladas em gramatura de 120 g/m² em comparação com as demais espécies estudadas. Já a espécie *Byrsonima crispa* tal como na colagem com PVAc apresentou o menor valor de resistência das juntas coladas. Não houve diferença estatística significativa entre os valores de resistência ao cisalhamento das juntas coladas das espécies *Inga paraensis* e *Byrsonima crispa*.

Importa ressaltar-se, que as espécies *Inga paraensis* e *Byrsonima crispa* apresentaram elevado teor de extrativos e baixo valor de pH respectivamente, o que pode ter ocasionado uma linha de cola de baixo desempenho, isto é, linha de cola com baixa resistência a tensão de cisalhamento.

Para gramatura de 200 g/m² as espécies *Protium puncticulatum*, *Eschweilera coriácea*, *Inga paraensis* e *Eschweilera odora*, tiveram um desempenho similar com valores de resistência ao cisalhamento superiores e estatisticamente iguais entre si.

Por sua vez, as espécies *Manilkara amazônica* e *Byrsonima crispera* apresentaram os menores valores de resistência das juntas coladas.

4.4.1.2 Influência do adesivo na resistência da juntas coladas

Na Tabela 12, estão apresentados os valores médios que mostram o efeito do adesivo, considerando cada espécie separadamente. Com base na Tabela 12, verifica-se que com exceção da espécie *Manilkara amazônica* para todas as demais espécies, o adesivo EPI resultou em melhores resultados em relação ao adesivo PVAc, tanto para a gramatura de 120 g/m² quanto para 200 g/m².

TABELA 12. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS ESPÉCIES PARA DOIS ADESIVOS APÓS O PRÉ-TRATAMENTO

Espécie	Adesivo	Gramatura (g/m ²)	
		120	200
<i>Protium puncticulatum</i>	PVAc	3,19 b	4,14 b
	EPI	9,72 a	11,77 a
<i>Eschweilera coriácea</i>	PVAc	7,23 b	6,91 b
	EPI	14,38 a	13,76 a
<i>Manilkara amazônica</i>	PVAc	8,45 a	7,43 a
	EPI	9,72 a	7,66 a
<i>Inga paraensis</i>	PVAc	2,46 b	4,07 b
	EPI	7,92 a	10,78 a
<i>Eschweilera odora</i>	PVAc	4,13 b	3,73 b
	EPI	9,78 a	11,54 a
<i>Byrsonima crispera</i>	PVAc	2,24 b	3,14 b
	EPI	6,85 a	8,45 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

O baixo desempenho das juntas coladas com adesivo PVAc em comparação com o adesivo EPI pode ser atribuído a forma na qual se procede a cura destes adesivos. Segundo Correa (1997), a cura do adesivo PVAc ocorre pela simples evaporação do solventes (água), resultando numa colagem de baixa resistência a temperatura e a umidade. Já a cura do adesivo EPI ocorre pela reação de seus grupos de isocianato com os grupos hidroxilas da madeira, promovendo a adesão química mais forte.

Ressalta-se que no presente estudo os ensaios de resistência a colagem das juntas, foram efetuados logo depois de pré-tratamento durante 24 horas em água a

temperatura ambiente (como anteriormente referido) podendo ter influenciado no baixo desempenho das juntas coladas com adesivo PVAc.

Martins (2011) e Almeida (2013), analisaram a influência dos adesivos EPI e adesivo poliuretano (PUR) em comparação com o PVAc na resistência a colagem lateral de EGP na madeira tropical e no *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage respectivamente, tendo verificado melhor desempenho dos adesivos EPI e PUR.

Os referidos autores, afirmaram que esse fato deveu-se às características intrínsecas de cura desses adesivos uma vez que em termos das propriedades dos adesivos (viscosidade, pH e teor de sólidos) todos apresentavam-se dentro das especificações do fabricante como acontece no presente estudo.

A verificação do percentual de falhas na madeira no adesivo PVAc demonstrou também a influência negativa do pré-tratamento, visto que em todas as espécies, as juntas romperam na linha de cola e não na madeira como era o desejado. Segundo Frihart e Hunt (2010), o padrão para ligações excelentes é que a madeira rompa com a junta adesiva e que a resistência da ligação seja igual ou superior à resistência da madeira maciça.

Na colagem com o adesivo EPI, verificou-se que nas juntas coladas ocorreu rompimento de pelo menos parte das fibras da madeira mesmo com o pré-tratamento, conforme ilustrado na Figura 10.

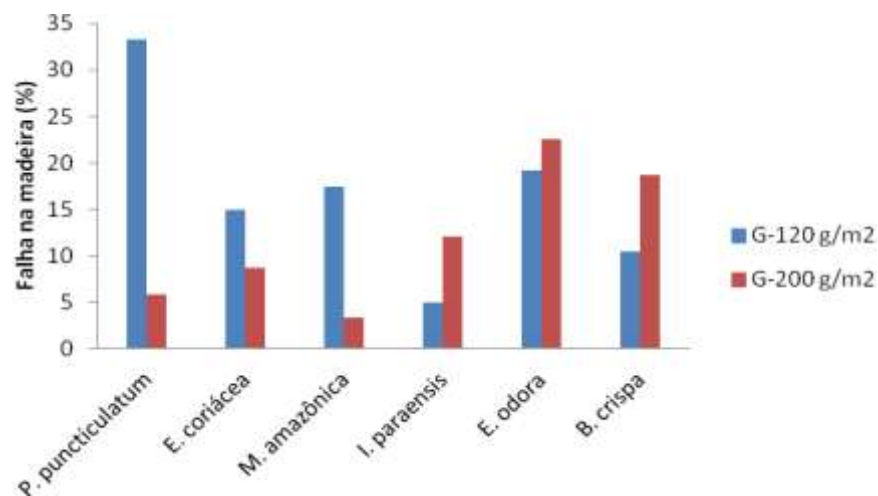


FIGURA 10. PERCENTUAL DE FALHA NA MADEIRA DE CADA ESPÉCIE NAS GRAMATURAS 120 g/m² E 200 g/m² NA COLAGEM COM EPI.

Através da Figura 10, percebe-se que o percentual de falha na madeira nas juntas coladas com adesivo EPI apresentou comportamento diferenciado em função da espécie e gramatura, porém, as porcentagens encontram-se abaixo de 50%, significando com isso que a linha de cola teve um baixo desempenho.

O baixo desempenho da linha de cola foi ocasionado pelo pré-tratamento aplicado aos corpos-de-prova exigido pela norma CEN/TS 13354:2003E, que reduziu a adesão e coesão do adesivo provocando pouco arrancamento das fibras nas superfícies das juntas coladas.

4.4.1.3 Influência da gramatura na resistência das juntas coladas

A Tabela 13, apresenta a análise estatística da influência das gramaturas utilizadas em cada um dos adesivos sem discriminar as espécies. Nela, pode se observar que o aumento de gramatura não resulta em aumento significativo da resistência da juntas coladas quando submetidos ao cisalhamento para ambos adesivos.

TABELA 13. RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS NAS GRAMATURAS NOMINAIS UTILIZADAS

Gramatura (g/m ²)	PVAc			EPI		
	Tensão (Mpa)	F	P	Tensão (Mpa)	F	P
120	4,615 a	0,4732 ^{ns}	0,051	9,73 a	2,80 ^{ns}	0,048
200	4,901 a			10,66 a		

ns – não significativo ($p > 0,05$); Médias seguidas seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados similares de ausência de diferença estatística significativa com a variação da gramatura (150 e 200 g/m²) para os adesivos PVAc e EPI, foram obtidos por Almeida, (2013) durante a avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente. Iwakiri (2007) e Prata (2010) com a mesma finalidade de produção, avaliaram o efeito da gramatura na resistência ao cisalhamento de espécies *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis* utilizando o PVAc não tendo encontrado diferença estatisticamente significativa. Com isso, pode se afirmar que este cenário propicia uma economia do adesivo durante o processo de fabricação dos painéis.

Na Tabela 14, apresenta-se o efeito da gramatura na resistência da juntas coladas para cada combinação de espécie e adesivo discriminadamente. Observa-se que, o aumento da gramatura nominal no adesivo PVAc proporcionou o aumento estatisticamente significativo da resistência ao cisalhamento das juntas somente nas espécies *Inga paraensis* e *Byrsonima crispera* em cerca de 87% e 40% respectivamente. Para as demais espécies estudadas o aumento da gramatura não resultou em aumento estatisticamente significativo de resistência das juntas coladas sendo nesse caso recomendável o uso de gramatura 120 g/m².

TABELA 14. EFEITO DA GRAMATURA PARA DIFERENTES ESPÉCIES E ADESIVO

Adesivo	Espécie	Gramatura (g/m ²)	
		120	200
PVAc	<i>Protium puncticulatum</i>	3,19 a	4,14 a
	<i>Eschweilera coriácea</i>	7,23 a	6,91 a
	<i>Manilkara amazônica</i>	8,45 a	7,43 a
	<i>Inga paraensis</i>	2,46 a	4,07 b
	<i>Eschweilera odora</i>	4,13 a	3,73 a
	<i>Byrsonima crispera</i>	2,24 a	3,14 b
EPI	<i>Protium puncticulatum</i>	9,72 b	11,77 a
	<i>Eschweilera coriácea</i>	14,38 a	13,76 a
	<i>Manilkara amazônica</i>	9,72 a	7,66 a
	<i>Inga paraensis</i>	7,92 b	10,78 a
	<i>Eschweilera odora</i>	9,78 b	11,54 a
	<i>Byrsonima crispera</i>	6,85 a	8,45 a

Médias seguidas seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O baixo teor de extrativos apresentado pela espécie *Byrsonima crispera*, pode ter influenciado no incremento da resistência das juntas coladas com PVAc quando se aumenta a gramatura de 120 para 200 g/m². Para a espécie *Inga paraensis* verificou-se um incremento estatisticamente significativo da resistência nas juntas com aumento da gramatura apesar dessa apresentar altos teores de extrativos. Porém, importa ressaltar que na espécie *Inga paraensis* apesar de ter se verificado um aumento de resistência ao cisalhamento das juntas com o aumento da gramatura não foi suficiente para que essa satisfizesse o requisitos mínimos exigidos pela norma CEN/TS 13354:2003 E.

O aumento de gramatura do adesivo EPI de 120 para 200 g/m², não proporcionou nenhum aumento da resistência das juntas coladas nas espécies *Eschweilera coriácea*, *Manilkara amazônica* e *Byrsonima crispera*. Para as espécies

Protium puncticulatum, *Inga paraensis* e *Eschweilera odora* os valores de resistências das juntas coladas tiveram um aumento significativo. Ressalta-se que, para essas espécies recomenda-se o uso da gramatura 120 g/m² por questões de economia do adesivo.

4.4.1.4 Correlações entre massa específica aparente, gramatura e resistência ao cisalhamento

A Figura 11 apresenta os gráficos de correlação entre a massa específica aparente das espécies e valores de resistência ao cisalhamento das juntas coladas submetidas ao pré-tratamento para os dois tipos de adesivos (PVAc e EPI) e gramaturas utilizadas.

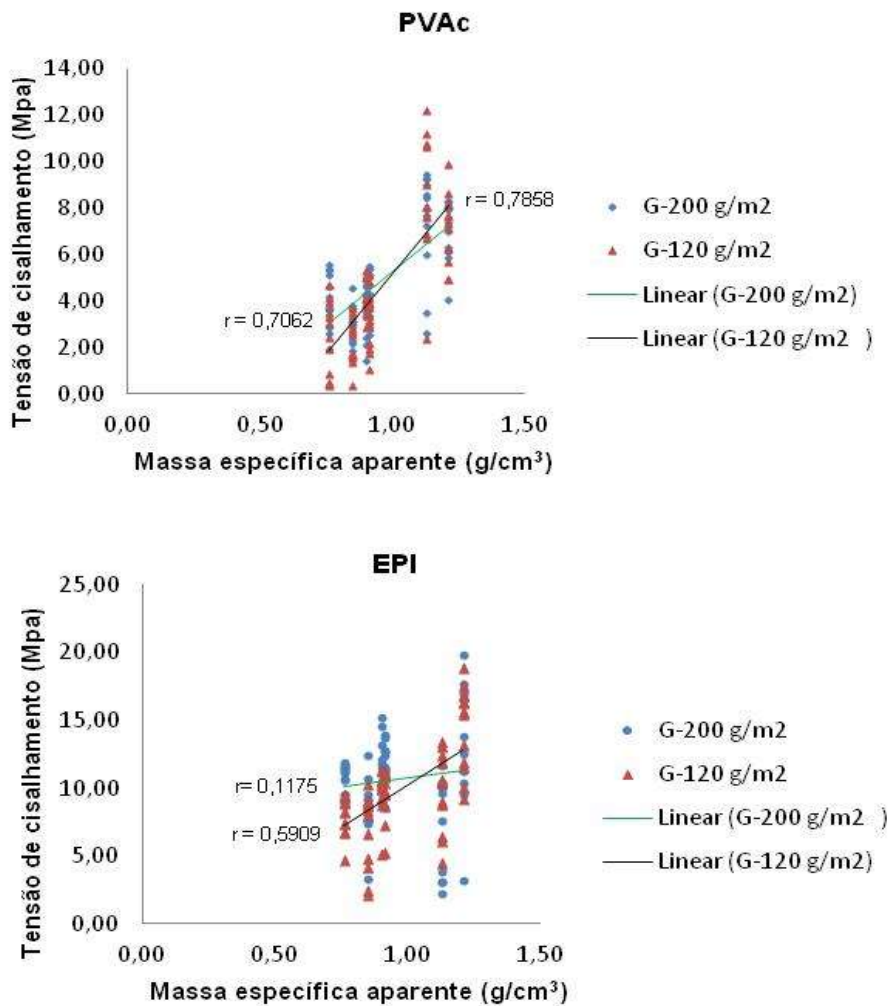


FIGURA 11. CORRELAÇÕES ENTRE MASSA ESPECÍFICA APARENTE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE CORPOS DE PROVA COLADOS COM PVAc e EPI PARA DUAS GRAMATURAS UTILIZADAS.

Com base na figura 11, verifica-se para o adesivo PVAc, que as correlações entre a massa específica aparente e a tensão de cisalhamento são positivas e fortes para as juntas coladas das espécies com um coeficiente de correlação (r) superior a 70% em ambas gramaturas. Considerou-se na presente pesquisa, como correlação forte ao valor de r maior que 50%.

A forte correlação significa que, para o intervalo de massa específica aparente 0,89 a 1,21 g/cm³, o aumento da gramatura de 120 para 200 g/m² na colagem com o adesivo PVAc é proporcional ao aumento da tensão de cisalhamento das espécies estudadas no presente estudo. Porém, essa correlação é mais elevada na gramatura de 120 g/m².

A melhor correlação em gramatura de 120 g/m² em comparação com a gramatura de 200 g/m² pode ser justificado pelas afirmações de Vick (1999); Iwakiri (2005) entre outros autores, segundo os quais, na colagem de madeira de alta densidade é recomendável a aplicação de baixa gramatura (aliado ao maior tempo de prensagem) para evitar perdas do adesivo causado pelo escorrimento do mesmo pelas bordas das juntas (em gramaturas maiores) favorecendo adesão e aumentando a resistência da linha de cola.

Nas juntas coladas com EPI a correlação forte e positiva verificou-se apenas nos corpos-de-prova colados com gramatura de 120 g/m² ($r = 0,5909$) sendo que para gramatura 200 g/m² encontrou-se um valor de coeficiente de correlação abaixo do 50%. Com isto, pode se afirmar que não é recomendável a aplicação da gramatura 200 g/m² para a colagem com adesivo EPI em todas as espécies estudadas, o que permite uma economia do adesivo.

4.4.2. Ensaio de cisalhamento sem o pré-tratamento

A análise de resistência ao cisalhamento das juntas coladas com o adesivo PVAc nas gramaturas de 120 e 200 g/m² dos corpos-de-prova sem o pré-tratamento, encontra-se na Tabela 15 com o seu respectivo teste de médias e teor de umidade.

TABELA 1. VALORES DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS COM O ADESIVO PVAc

Adesivo	Espécie	Gramatura (g/m ²)		Teor de umidade (%)
		120	200	
PVAc	<i>Protium puncticulatum</i>	14,64 B b	18,08 A ab	13,84 a (2,27)
	<i>Eschweilera coriacea</i>	19,70 A a	18,97 A a	14,05 a (2,25)
	<i>Manilkara amazonica</i>	16,05 A ab	14,43 A bc	12,93 a (10,0)
	<i>Inga paraensis</i>	8,98 B c	16,13 A abc	14,51 a (1,49)
	<i>Eschweilera odora</i>	13,31 A bc	12,92 A c	14,48 a (2,28)
	<i>Byrsonima crispera</i>	12,39 A bc	14,04 A bc	14,21 a (4,88)

Médias seguidas seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; número entre parenteses indicam a coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 15, a espécie *Eschweilera coriacea* mostrou valores médios de resistência superior e estatisticamente diferente comparada as demais espécies em ambas gramaturas. O menor valor de resistência das juntas coladas na gramatura de 120 g/m² observou-se na espécie *Inga paraensis* enquanto que na gramatura de 200 g/m² a espécie *Eschweilera odora* apresentou menor valor de resistência dentre as espécies podendo ser justificado pelos altos teores extrativos apresentados por essas espécies.

Observa-se também que, tal como nos corpos-de-prova ensaiados após serem submetidos ao pré-tratamento a espécie *Eschweilera coriacea* apresenta colagem satisfatória e valores médios de resistência ao cisalhamento superiores as demais espécies estudadas em ambas gramatura. O aumento da gramatura ocasionou uma diminuição do valor de resistência nas juntas coladas das espécies *Eschweilera coriacea*, *Manilkara amazonica* e *Eschweilera odora* porém, não foi estatisticamente significativa.

Os valores de resistência ao cisalhamento não foram influenciada pelo teor de umidade visto que não foi verificada diferença estatisticamente significativa ($p = 0.3127$) de teor de umidade entre os corpos-de-prova das espécies no momento do ensaio.

Através da Tabela 16, é possível analisar a resistência ao cisalhamento das juntas das seis espécies estudadas, coladas com o adesivo EPI, com gramaturas de 120 e 200 g/m².

TABELA 2. VALORES DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DAS JUNTAS COLADAS COM O ADESIVO EPI

Adesivo	Espécie	Gramatura (g/m ²)		Teor de umidade (%)
		120	200	
EPI	<i>Protium puncticulatum</i>	14,44 A ab	14,02 A bc	15,23 a (0,30)
	<i>Eschweilera coriacea</i>	15,46 B a	18,78 A a	15,02 a (2,11)
	<i>Manilkara amazonica</i>	14,92 A ab	11,40 B c	15,63 a (10,0)
	<i>Inga paraensis</i>	11,81 A ab	13,25 A bc	16,28 a (0,47)
	<i>Eschweilera odora</i>	10,70 B b	16,08 A ab	15,92 a (4,31)
	<i>Byrsonima crispera</i>	11,82 A ab	13,61 A bc	15,70 a (3,35)

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; número entre parentes indicam a coeficiente de variação.

Nas juntas coladas com adesivo EPI, a espécie *Eschweilera coriacea* apresentou a maior resistência das juntas coladas em ambas gramaturas tal como na colagem com adesivo PVAc. O aumento da gramatura proporcionou o aumento significativo da resistência das juntas coladas somente nas espécie *Eschweilera coriacea*, *Inga paraensis* e *Eschweilera odora*. O teor de umidade em todas as espécies esteve na mesma proporção no momento da realização dos ensaios com valores estatisticamente iguais entre si como apresentado na Tabela 16.

Na Figura 12, estão apresentados os valores do percentual de falha na madeira das juntas coladas com PVAc e EPI para cada espécie no ensaio sem pré-tratamento.

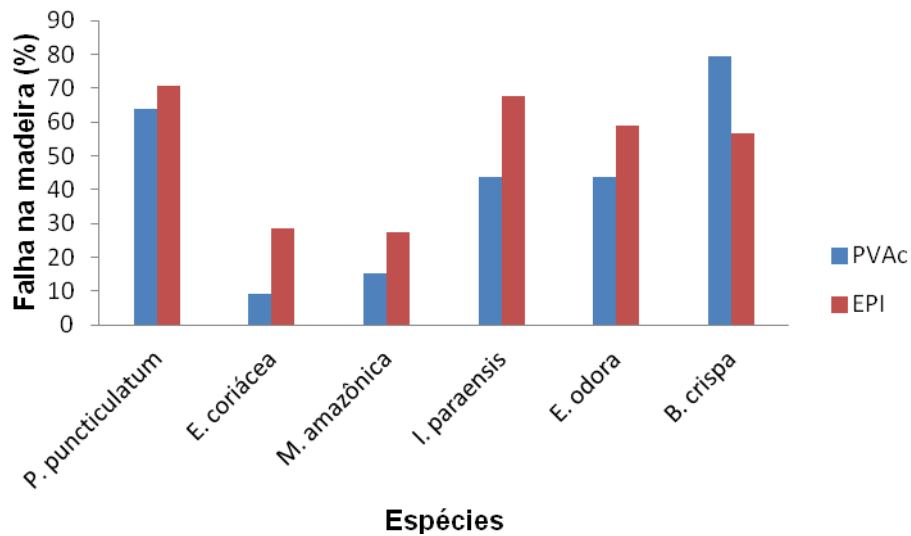


FIGURA 12. PERCENTUAL DE FALHA NA MADEIRA DE CADA ESPÉCIE NA COLAGEM COM PVAc E EPI.

Analisando o desempenho dos adesivos com relação ao percentual de falha na madeira apresentada na Figura 12, verifica-se que o adesivo EPI apresentou melhores valores em comparação com o adesivo PVAc na maioria das espécies. Ressalta-se que para apontar-se a melhor eficiência do adesivo, levou-se em consideração o adesivo que apresentou maiores percentuais de falha na madeira ou aquele que contemplou maior número de espécies com porcentagens acima de 50%.

Por outro lado, quando se analisa o comportamento de cada espécie dentro de cada adesivo verifica-se que nas juntas coladas com PVAc as espécies *Protium puncticulatum* e *Byrsonima crispa* tiveram as maiores porcentagens de falha na madeira situando-se acima de 50% enquanto a espécie *Eschweilera coriacea* foi a que apresentou a menor porcentagem.

Já nas juntas coladas com adesivo EPI, com exceção das espécies *Eschweilera coriacea* e *Manilkara amazonica* com porcentagens de falha na madeira abaixo de 50%, todas as demais espécies apresentaram melhor desempenho da linha de cola. Importa ressaltar que, a alta massa específica apresentada por essas espécies pode ter influenciado no baixo percentual de falha na madeira obtido.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Sobre a determinação das propriedades das espécies:
 - As espécies *Eschweilera coriácea* e *Manilkara amazonica* apresentaram maiores valores médios da massa específica aparente enquanto que o menor valor foi encontrado para espécie *Inga paraensis*;
 - A espécie *Inga paraensis* apresentou o maior valor médio de pH enquanto que o menor valor foi apresentado pela espécie *Byrsonima crispera*;
 - A espécie *Protium puncticulatum* apresentou alto teor de extrativos totais (11,67%) e maior solubilidade em hidróxido de sódio (23,44%) em comparação às demais espécies. A espécies *Byrsonima crispera* apresentou maior valor de teor de cinzas em comparação com as demais espécies (0,70%).

- Sobre avaliação da qualidade das juntas coladas:
 - A espécie *Eschweilera coriácea* apresentou melhores resultados de resistência das juntas coladas em comparação às demais espécies;
 - O adesivo EPI apresentou melhores resultados de resistência das juntas coladas em comparação ao adesivo PVAc;
 - O percentual de falha na madeira nas juntas coladas demonstrou uma linha de cola de fraco desempenho em todas as espécies e em ambos adesivos, com porcentagens nulas para PVAc enquanto que para EPI situaram-se abaixo de 50%;
 - O aumento de gramatura resultou em incremento significativo na resistência da juntas coladas em algumas espécies isoladamente. Porém, quando o efeito da gramatura foi analisado agrupando todas as espécies, verificou-se que a resistência das juntas coladas não aumenta de forma significativa.

- Atendendo os requisitos da norma CEN/TS 13354:2003E, apenas as espécies *Protium puncticulatum*, *Eschweilera coriacea*, *Manilkara amazonica* e *Eschweilera odora* apresentaram potencial para produção de EGP quando coladas com o adesivo PVAc. Para o adesivo EPI todas as espécies estudadas apresentaram potencial;
 - Com exceção da 200 g/m² na colagem com adesivo EPI, houve correlações positivas entre a massa específica aparente e a tensão de cisalhamento nas demais espécies estudadas.
- Sobre efeito do pré-tratamento:
- O pré-tratamento exigido pela norma CEN/TS 13354:2003E originou baixos valores médios de resistência das juntas coladas e de falha na madeira em todas as espécies e adesivos quando comparadas aos valores de resistência das juntas ensaiadas sem o pré-tratamento;

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, recomenda-se que:

- Seja avaliada a qualidade de colagem em mistura dessas espécies, para maximizar o processo produtivo;
- Seja analisada a estrutura anatômica das espécies para verificar as dimensões e frequência das diferentes células do lenho que podem influenciar na porosidade e permeabilidade da madeira;
- Seja feita a análise econômica de produção de EGP a partir destas espécies.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Normas Técnicas, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. São Paulo, 1997

ABRAHÃO, C. P., VARELLA, C. A. A., PINTO, F. A. C., JUNIOR, J. K. K. “Quantificação da falha na madeira em juntas coladas utilizando técnicas de visão artificial”, **Revista Árvore**, Viçosa. vol. 27, n. 1, 10 p. , 2003.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. Brasília: 2012. 150p. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>. Acesso em: 23/02/2014.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n.1, p.158 - 166, jan./dez. 2000

ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. Dissertação (Dotourado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Paraná, Curitiba 2013. 122p

ANDRADE, E.A.; HIGUCHI, N. 2009. Produtividade de quatro espécies arbóreas de Terra Firme da Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 39:105-112

American Society for Testing Materials - **ASTM. Annual book of ASTM standards, Section 20**, Vol. 15.06 - Adhesives. West Coshohocken, 600 p, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **1994 Annual book of Standards: D1582-60**. Denver: ASTM, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de madeira NBR 7190. 107p. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Estudo Setorial 2007. Curitiba, 2012. Disponível em: www.abimci.com.br. Acesso em: 02/09/2012.

APA WOOD. ENGINEERED WOOD ASSOCIATION: **Engineered Wood Systems**. APA Performance Rated i-Joists. Disponível em: <http://www.apawood.org/pdfs/managed/Z7225A.pfd> Acesso em 10 de Abril 2012.

BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F.; ICHASO, C. L. F.; COSTA, C. G.; PEIXOTO, A. L. Lecythidaceae. In: G. M. BARROSO. **Sistemática de angiospermas do Brasil**: I. LTC/EDUSP, São Paulo. 1978. p. 165-169

BROWNING, B.L. **The Chemistry of wood**. New York, John Wiley & Sons, 1963. 689p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo. Nobel. 1991.154p.

CEN/TS 13354 - European committee for standardization. **Solid wood panel – bonding quality –test method**. Technical specification, May 2003.

CAMERON, K.M., CHASE, M.W., ANDERSON, W.R. & HILLS, H.G. 2001. Molecular systematics of Malpighiaceae: evidence from plastid *rbcL* and *matK* sequences. **American Journal of Botany** 88:1847-1862.

COMYN, J. adhesive science. UL, Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997.

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

CORRÊA, C. **Técnicas de Colegam de Madeira com adesivos Vinílicos**. Borden. Química Indústria e comércio Ltda, 1997. 68p.

DUNKY, M.; PIZZI, T.; LEEMPUT, M. V. – **“Wood Adhesion and Glued Products Working Group 1: Wood Adhesives”** – Cost Action E13 – State of the Art – Report, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. European Standard EN – 310/314-2. **Plywood: Bonding quality**. Part 2: Requirements. Bruxelas. 1993.

FIORELLI, J. **Estudo teórico e experimental de vigas de madeira laminada colada reforçadas com fibra de vidro**. Tese apresentada à Área Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, da Universidade de São Paulo, 2005.

FOELKEL, C. **Edge Glued panel**. Pinusletter, nº 8, Ago. 2008. Disponível em http://www.celsofoelkel.com.br/pinus_08.html Acesso 16/12/2012

FOREST PRODUCTS LABORATORY, Technical Note Number F-2, Madison, Wisconsin, USA, 1952. 2p.

FRIHART, C. R., Adhesive Bonding and Performance Testing of Bonded Wood Products. Journal of ASTM International, Vol. 2, nº7, July/August 2005. 10p. Disponível em: http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl_2005_frihart002.pdf. Acesso: 13/01/2013

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. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010.

HEINRICH, H. **Other woodworking adhesives**. Wood Adhesion and Glued Products, COST Action E13 WG 1, Editado por Manfred Dunky, 2001.

HAUBRICH, J.L.; GONÇALVES, C.; TONET, A. Adesivos Vinílicos Apresentam Soluções para Madeira. **Revista da Madeira**, n.103, p.66-70 Curitiba, PR, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. **Banco de Dados de Madeiras Brasileiras**. Disponível em: www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php. Acesso: 21/03/2013

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

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; LIMA, A. J. M.; FERREIRA, E. S.; BATISTA, D. C.; ROMÃO, S. A. A. Produção de Painéis Compensados de Pinus Tropicais Colados com Resina Fenol-formaldeído. **Revista Floresta**, v.39, n.3, p. 669-673, Curitiba, PR, 2009.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A. de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JANKOWSKY, I. P. **Colagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 45 p. 1988.

KLEPPE, P. J. **Forest product Journal**, v. 20, n.5, p. 50 -59, 1970.

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

KOLLMANN, F.; KENZI, P.; STAMM, A.; **Principles of wood science and technology II. Wood based materials**, 703p. New York, USA, 1975.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. **Principles of wood science and technology**. v. 2 – Wood based materials. Berlin, New York .1975. 703 p. LUTZ, J.F. Woody veneer: log selection, cutting and drying. USDA. Technical Bulletin. 1978.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F; MORI, C. L. S.O. Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. **Scientia Florestalis**, v.36, nº 77, 2008.

LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L.; MELO, J. E. **Amostragem e Propriedades Físico-Mecânicas de Madeiras Amazônicas**. Coleção Meio Ambiente. Série Estudos – Floresta, nº 1. Brasília, 1993. 103p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**, Plantarum Ltda.: Piracicaba, 1972. 76p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**, vol 2. Instituto Plantarum, 2a. edição, 2002.

LOUREIRO, A.A., SILVA, M.F. **Catálogo de madeiras da Amazônia**. Vol. I. Faculdade de Florestas, Belém, 1968. 433p.

LOUREIRO, A.A., SILVA, M.F. & ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Vol. II. INPA/SUFRAMA, Manaus 1979.

MACÊDO, A. N. **Madeiras tropicais da Amazônia em madeira laminada colada (MLC)**. EESC-USP (Trabalho apresentado à disciplina “SAP 802” – Madeiras e suas aplicações). São Carlos, 1997.

MOMENTIVE, QUÍMICA DO BRASI LTD. **Wonderbond EPI EL -70**. DOC 55/ Ver 1. Cotia/SP 2011. Boletim técnico

MARQUES, D.D; Sartori, R.A.; Lemos, T.L.G.; Machado, L.L; Souza, J.S.N; Monte, F.J.Q. 2010. Composição química do óleo essencial de duas subespécies do *Protium heptaphyllum*. *Acta Amazônica*, 40(1): 227-2230

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

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

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974. 245 p.

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

OLIVEIRA, J.T.S.; SOUZA, L.C.; DELLA LUCIA, R.M.; SOUZA JUNIOR, W.P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. *Árvore*, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

PEREIRA, J. O. P.; FREITAS, B. M. Estudo da biologia floral e requerimentos de polinização do muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.). *Revista Ciência Agronômica*. Fortaleza – CE, v.33, n. 2, p. 5-12, 2002.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. Nova York: Marcel Dekker, 1994.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de Pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge glued panels – EGP)**. Tese (Dotourado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Paraná, Curitiba 2010. 107p

PRANCE, G. T. & MORI, S. A. Lecythidaceae. **Flora Neotropica**. Monograph. The New York Botanic Garden, New York. 1979

RIBEIRO, J.E.L.S., HOPKINS, M.J.G., VICENTINI, A., SOTHERS, C.A., COSTA, M.A.S., BRITO, J.M., SOUZA, M.A.D., MARTINS, L.H.P., LOHMANN, L.G., ASSUNÇÃO, P.A.C.L., PEREIRA, E.C., SILVA, C.F., MESQUITA, M.R. & PROCÓPIO, L.C. **Floresta da reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus, 1999. Inpa, p. 505-511.

RIBEIRO, M.N.G. **Os aspectos climatológicos de Manaus**. Acta Amazônica, 6(2): p. 229-233. 1976.

REMADE, MADEIRAS. **Produtos de Maior Valor Agregado**. Disponível em <http://www.remade.com.br/br/madeira_pmva.php?EGP>. Revista da Madeira. Acesso: 5/09/2012. Curitiba, 2012.

REMADE, MADEIRAS. **Móveis e Tecnologia**. Disponível em http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php. Edição nº 65, Julho 2002. Acesso: 11/09/2012. Curitiba, 2012.

REMADE, MADEIRAS. **Adesivos**. Disponível em http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?Adesivos. Edição nº 103, Março 2007. Acesso: 17/09/12. Curitiba, 2012. EDIÇÃO N°103 - MARÇO DE 2007 EDIÇÃO N°103 – M

REMADE, MADEIRAS. **MADEIRA LAMINADA COLADA**. Disponível em http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php. Edição nº 124, Julho de 2010. Revista da Madeira. Acesso: 17/10/2012. Curitiba, 2012.

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

SELBO, M.L. Adhesive bonding of wood. Technical bulletin. **USDA/Forest Service**, n.1512, p.1-122, 1975

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Fatos e números do Brasil florestal**. nov. 2006, 107p. Disponível em: < <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>>. Acesso em: 14 Out. 2012.

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry fundamentals and applications**. New York. Academic Press. 223p. 1981.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 212**. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta, 2002.

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

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

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

WENGERT, G. A umidade ideal para madeira. **Revista da madeira**. Ed. N° 64, Maio, 2002.

WENDLER, S. L.; FRAZIER, C. E. The effects of cure temperature and time on the isocyanate-wood adhesive bondline by ¹⁵N CP/MAS NMR. **International Journal Adhesion & Adhesives**, v.16, n.3, p.179-186, 1996.

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

VITAL, B.R.; MACIEL, A.S.; DELLA LUCIA, R.M. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 30, nº 4, p. 637-644, 2006.