

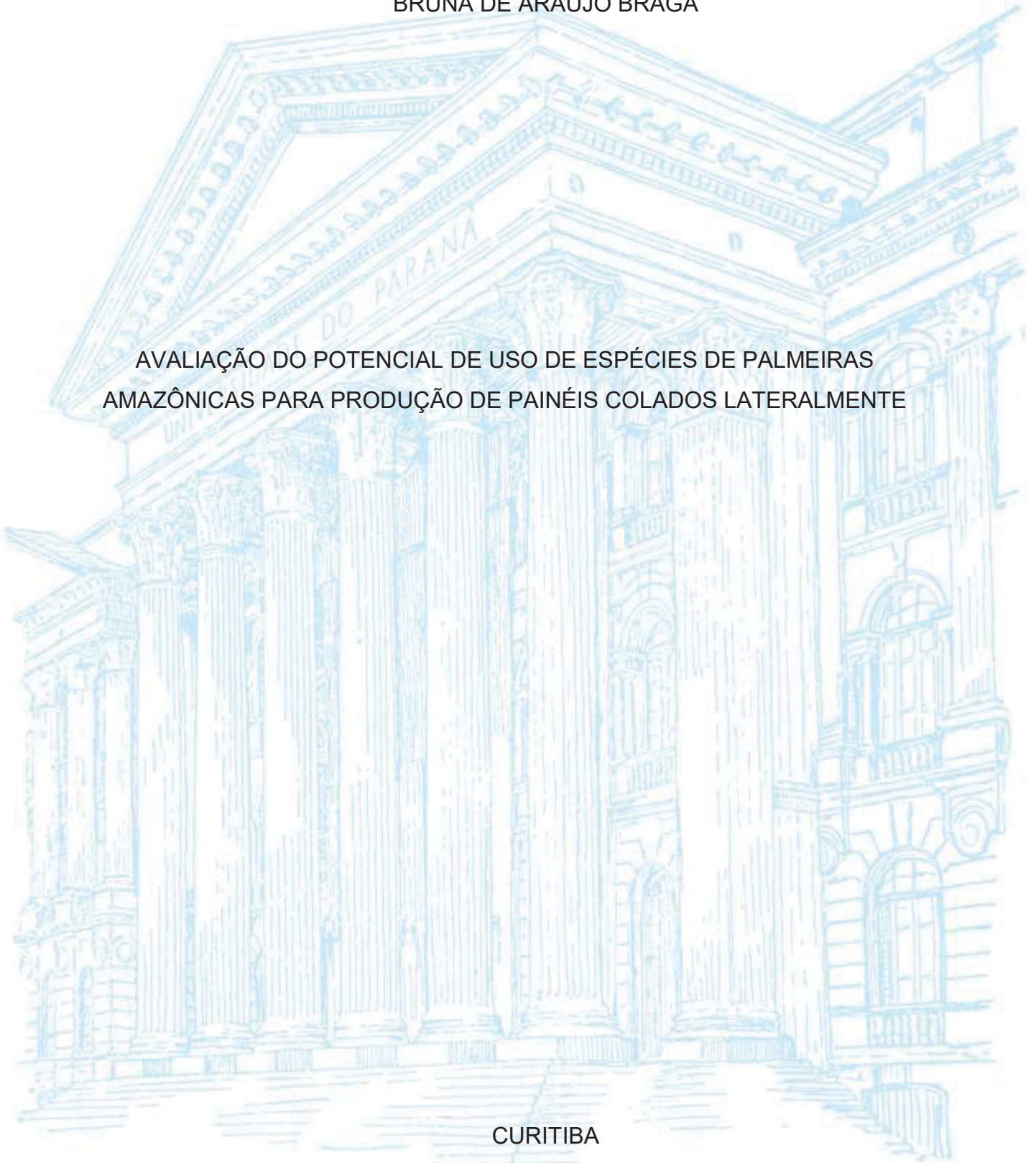
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA DE ARAÚJO BRAGA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ESPÉCIES DE PALMEIRAS  
AMAZÔNICAS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE

CURITIBA

2022



BRUNA DE ARAÚJO BRAGA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ESPÉCIES DE PALMEIRAS  
AMAZÔNICAS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE

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.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

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

CURITIBA

2022

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

Braga, Bruna de Araújo

Avaliação do potencial de uso de espécies de palmeiras amazônicas para produção de painéis colados lateralmente / Bruna de Araújo Braga. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Coorientadora: Profa. Dra. Rosilani Trianoski

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 04/03/2022.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Lâminas de madeira. 2. Palmeira. 3. Compensados de madeira. 4. Madeira - Química. 5. Babaçu. 6. Teses. I. Iwakiri, Setsuo. II. Trianoski, Rosilani. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.832.2


Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **BRUNA DE ARAÚJO BRAGA** intitulada: **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ESPÉCIES DE PALMEIRAS AMAZÔNICAS PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE.**, sob orientação do Prof. Dr. SETSUO IWAKIRI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 04 de Março de 2022.



SETSUO IWAKIRI

Presidente da Banca Examinadora



JOSE GUILHERME PRATA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



CARLOS FREDERICO ALICE PARCHEN

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico esta dissertação aos meus amados pais, Ozanira Sousa de  
Araújo e Raimundo Silva Braga.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar sabedoria para superar as adversidades, por me guiar e me proteger.

À minha mãe Ozanira, por sempre dar suporte quando preciso, por estar presente mesmo que distante.

Ao meu pai Raimundo, por além do apoio incondicional, me ajudar na coleta e transporte do material de estudo.

Ao meu avô Manoel, por me ajudar no desdobro do material de estudo.

À Milca Aires e Danielle Flores, pela ajuda essencial na coleta em campo. Além do apoio, amor e carinho de sempre.

Ao meu namorado Jobert Rocha, por vivenciar comigo essa experiência de mestrado, pelo amor e apoio psicológico. Por me ajudar quando precisei e me incentivar a sempre dar o meu melhor.

Aos meus irmãos Renata e Gabriel, por acreditarem em mim.

À Stela, pela amizade, amor e apoio fundamentais na vida.

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

Ao CNPq, pela concessão de bolsa durante o período de realização do Mestrado.

Aos meus orientadores: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosilani Trianoski, pela orientação e ensinamentos.

Às minhas colegas de laboratório, Annah Bilik e Josiane Keffer, por me ajudarem sempre que precisei.

Ao meu colega Renan Raia, pela ajuda na colagem de topo.

Ao Prof. Dr. Alan Sulato, pelas orientações nas análises químicas.

A todos que ajudaram direta ou indiretamente para que a realização deste trabalho fosse possível.

## EPÍGRAFE

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

*Arthur Schopenhauer*

## RESUMO

Os painéis colados lateralmente (*Edge Glued Panel* – EGP) são painéis de madeira sólida bastante versáteis por permitirem a utilização de peças de madeira de pequenas dimensões. Tendo em vista essas características, caules de palmeiras podem ser empregados como fonte de matéria – prima para este tipo de painel, agregando valor as espécies da família, que normalmente são visadas apenas pela produção de frutos. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o potencial do lenho de *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* para a produção de painéis colados lateralmente. Foram estudadas as propriedades químicas de solubilidade em água fria e água quente, extrativos em etanol – tolueno, extrativos totais, cinzas e pH, bem como as propriedades físicas de densidade aparente, contrações tangencial, radial, longitudinal e volumétrica e anisotropia de contração. Ademais, avaliou-se a qualidade da colagem de topo e lateral. A colagem de topo foi avaliada por meio de emendas de topo do tipo *finger-joint* coladas com o adesivo PVA com gramatura de 200 g.m<sup>-2</sup> para cada espécie e para emendas mistas formadas pela combinação entre elas, sendo avaliadas mediante ensaios de flexão estática e tração. Já as juntas coladas lateralmente foram produzidas para cada espécie e juntas mistas (combinação das espécies) com PVA e EPI em duas gramaturas (150 e 200 g.m<sup>-2</sup>) e testadas, por intermédio do cisalhamento na linha de cola. Os resultados obtidos demonstraram que *Attalea maripa* apresentou menor teor de extrativos em água fria e água quente, extrativos totais, cinzas e pH, e maior densidade aparente em comparação à *Attalea speciosa*. Por outro lado, as contrações tangencial, radial e volumétrica e a anisotropia de contração das espécies foram estatisticamente iguais. Na avaliação da colagem das emendas de topo no ensaio de flexão estática e tração, *Attalea maripa* foi a única espécie que atendeu os requisitos da norma utilizada em todas as condições testadas. Quanto a colagem lateral, não foi encontrada interação entre os três fatores avaliados (espécies/juntas mistas x adesivos x gramaturas), de forma que, novamente, somente *Attalea maripa* atendeu os requisitos necessários para usos internos sem exposição a umidade e, nesse caso, quando colada com adesivo EPI em qualquer uma das gramaturas estudadas. Em vista disso, dentre as espécies estudadas, *Attalea maripa* apresentou as melhores características químicas, físicas e de qualidade de colagem de topo e lateral. Portanto, pode-se concluir que, a *Attalea maripa* (inajá) apresenta potencial para produção de painéis EGP, agregando o valor para uso desta espécie de palmeira amazônica.

Palavras – chave: edge glued panel; *Attalea maripa*; *Attalea speciosa*.

## ABSTRACT

The Edge Glued Panel (EGP) are solid wood panels that are quite versatile as they allow the use of small pieces of wood. Because of these characteristics, palm stems can be used as a source of raw material for this type of panel, adding value to the species of the family, which are normally targeted only for fruit production. Thus, the present work aimed to evaluate the potential of *Attalea maripa* and *Attalea speciosa* wood for the production of laterally glued panels. The chemical properties of solubility in cold water and hot water, extractives in ethanol - toluene, total extractives, ash and pH, as well as the physical properties of apparent density, tangential, radial, longitudinal and volumetric contractions and anisotropy of contraction were studied. In addition, the quality of the top and side bonding was evaluated. The top bonding was evaluated utilizing finger-joint bonding with PVA adhesive with a weight of 200 gm<sup>-2</sup> for each species and for mixed joints formed by the combination between them, being evaluated by static bending tests and traction. The side glued joints were produced for each species and mixed joints (combination of species) with PVA and EPI in two weights (150 and 200 gm<sup>-2</sup>) and tested, through shear in the glue line. The results obtained showed that *Attalea maripa* had lower extractive content in cold and hot water, total extractives, ash and pH, and higher apparent density compared to *Attalea speciosa*. On the other hand, the tangential, radial and volumetric contractions and the contraction anisotropy of the species were statistically equal. In the evaluation of the bonding of the finger-joints in the static bending and tensile test, *Attalea maripa* was the only species that met the requirements of the standard used in all tested conditions. As for side gluing, no interaction was found between the three factors evaluated (species/mixed joints x adhesives x weights), so that, again, only *Attalea maripa* met the necessary requirements for indoor uses without exposure to moisture and, in this case, when glued with EPI adhesive in any of the weights studied. Because of this, among the species studied, *Attalea maripa* presented the best chemical, physical and quality characteristics of top and side gluing. Therefore, it can be concluded that *Attalea maripa* (inajá) has potential for the production of EGP panels, adding value to the use of this species of Amazonian palm.

Key words: edge glued panel; *Attalea maripa*; *Attalea speciosa*.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ORGANIZAÇÕES DE CAULES DE PALMEIRAS. ....	29
FIGURA 2 – SEÇÃO TRANSVERSAL DO CAULE DE PALMEIRAS. ....	30
FIGURA 3 – PALMEIRA DA ESPÉCIE <i>Attalea maripa</i> .....	32
FIGURA 4 – PALMEIRA DA ESPÉCIE <i>Attalea speciosa</i> .....	33
FIGURA 5 – ÁREA DE COLETA DAS PALMEIRAS ESTUDADAS. ....	35
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO DA ZONA PERIFÉRICA DAS PALMEIRAS	36
FIGURA 7 – DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES QUÍMICOS DAS PALMEIRAS .....	37
FIGURA 8 – ILUSTRAÇÃO DAS FACES TANGENCIAL, RADIAL E LONGITUDINAL.....	39
FIGURA 9 – DETERMINAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL.....	40
FIGURA 10 – COLAGEM DE TOPO DO TIPO <i>FINGER-JOINT</i> .....	42
FIGURA 11 – COLAGEM LATERAL DAS PALMEIRAS .....	43
FIGURA 12 – ENSAIOS DAS EMENDAS DE TOPO.....	45
FIGURA 13 – QUALIDADE DA COLAGEM LATERAL .....	46
FIGURA 14 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE APARENTE DE <i>Attalea maripa</i> E <i>Attalea speciosa</i> .....	52
FIGURA 15 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CONTRAÇÕES TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL E VOLUMÉTRICA DE <i>Attalea maripa</i> E <i>Attalea speciosa</i> .....	54
FIGURA 16 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DE <i>Attalea maripa</i> E <i>Attalea speciosa</i> .....	57
FIGURA 17 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE FLEXÃO ESTÁTICA DE <i>Attalea maripa</i> E <i>Attalea speciosa</i> .....	59
FIGURA 18 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE TRAÇÃO DE <i>Attalea maripa</i> E <i>Attalea speciosa</i> .....	61
FIGURA 19 – PORCENTAGEM DE FALHAS NO LENHO DE <i>Attalea maripa</i> E <i>Attalea speciosa</i> . ....	62
FIGURA 20 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO EFEITO SIMPLES DO FATOR ESPÉCIE (A) E DO FATOR ADESIVO (B) NO PRÉ-TRATAMENTO SECO ...	66
FIGURA 21 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO EFEITO DA INTERAÇÃO ENTRE A ESPÉCIE E O ADESIVO NO PRÉ-TRATAMENTO EM ÁGUA FRIA.....	67

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ADESIVOS DE MADEIRA CATEGORIZADOS DE ACORDO COM AS CONDIÇÕES DE USO DO PRODUTO COLADO.....	23
TABELA 2 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E NÚMERO DE CORPOS DE PROVA POR PRÉ-TRATAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA COLAGEM DE TOPO .....	42
TABELA 3 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E NÚMERO DE CORPOS DE PROVA POR TRATAMENTO NA AVALIAÇÃO DA COLAGEM LATERAL.....	43
TABELA 4 – REQUISITOS MÍNIMOS NA QUALIDADE DA COLAGEM DE TOPO .....	45
TABELA 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DAS PALMEIRAS ...	48
TABELA 6 – DENSIDADE APARENTE DAS PALMEIRAS.....	52
TABELA 7 – RESULTADOS DE CONTRAÇÃO E COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DAS PALMEIRAS .....	54
TABELA 8 – RESULTADOS DE FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO DAS EMENDAS DE TOPO .....	59
TABELA 9 – RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS NO ENSAIO DE CISALHAMENTO .....	64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo Geral .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1 PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE (EGP) .....	17
2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DE PAINÉIS EGP .....	18
2.2.1. Madeira .....	18
2.2.1.1 Propriedades anatômicas .....	18
2.2.1.2 Propriedades físicas .....	19
2.2.1.3 Propriedades químicas .....	21
2.2.2 Adesivo .....	22
2.2.2.1 Poliacetato de vinila (PVA) .....	23
2.2.2.2 Emulsão polimérica de isocianato (EPI) .....	24
2.2.3. VARIÁVEIS DO PROCESSO DE COLAGEM .....	25
2.2.3.1 Gramatura .....	25
2.2.3.2 Pressão .....	26
2.2.3.3 Tempo de prensagem .....	27
2.3 PALMEIRAS DA FAMÍLIA ARECACEAE .....	28
2.3.1 <i>Attalea maripa</i> (Inajá) .....	31
2.3.2 <i>Attalea speciosa</i> (Coco Babaçu) .....	33
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
3.1 COLETA DE MATERIAL .....	35
3.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS .....	36
3.2.1 Propriedades químicas .....	36
3.2.2 Propriedades físicas .....	38

3.3 COLAGEM DE TOPO E LATERAL .....	40
3.3.1 Produção dos sarrafos .....	40
3.3.2 Colagem de topo e lateral .....	41
3.3.3. Avaliação da qualidade de colagem .....	44
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
4.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DAS PALMEIRAS .....	48
4.1.1 Propriedades químicas.....	48
4.1.2 Propriedades físicas .....	51
4.2 RESISTÊNCIA DAS EMENDAS DE TOPO E JUNTAS COLADAS .....	58
4.2.1 Resistência das emendas de topo – <i>finger joint</i> .....	58
4.2.2 Resistência das juntas coladas .....	64
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O painel colado lateralmente – *Egde Glued Panel* (EGP) – pertence ao grupo de Produtos de Maior Valor Agregado – PMVA (ABIMCI, 2009). Esse painel apresenta como vantagens o custo relativamente baixo dos equipamentos utilizados em sua produção; aproveitamento de toras de menor diâmetro; madeira serrada de baixo valor e utilização de madeiras de diferentes tamanhos (NICHOLLS, 2010).

Quanto as suas principais aplicações, é possível destacar seu uso na fabricação de móveis, portas e pisos, além da construção civil, de forma estrutural ou decorativa (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Além disso, o uso final e o ambiente a qual o painel será exposto é levado em consideração na escolha do adesivo a ser utilizado (VICK, 1999). Nesse contexto, o poliacetato de vinila (PVA) e a emulsão polimérica de isocianato (EPI) são os adesivos mais utilizados, seguidos do poliuretano e melanina-uréia-formaldeído, em menor quantidade (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020).

Dentre as espécies mais utilizadas para produção do EGP, o gênero *Pinus* apresenta o maior destaque, muito embora outras espécies de eucaliptos e folhosas tropicais, como a teca, também sejam utilizadas (ABIMCI, 2009). O uso de espécies de florestas tropicais se faz especialmente interessante quando se pensa na estética final do produto, pois essas madeiras apresentam desenhos e colorações decorativas (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020).

Esses painéis proporcionam propriedades tecnológicas mais homogêneas em relação à madeira serrada. Permitem ainda, a utilização de madeira proveniente de toras de pequenos diâmetros e peças de menores dimensões (resíduos de serraria). Em função disso, pode-se obter, por exemplo, um produto de maior qualidade em termos de empenamento e ainda reaproveitar materiais anteriormente descartados.

Com base nisso, é possível idealizar para a produção de EGP o emprego de materiais que apresentam limitações dimensionais, como é o caso das palmeiras. Essas espécies são monocotiledôneas de crescimento primário e possuem caules de diversos diâmetros. No entanto, mesmo quando esses caules são grandes em diâmetro, existem ainda limitações, no que se refere a área da zona periférica (mais resistente e aproveitável).

Dentre essas espécies de palmeiras, destaca-se *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. e *Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng., conhecidas popularmente como inajá e babaçu, respectivamente. A espécie *Attalea maripa* apresenta vasta ocorrência na região Amazônica, se desenvolve em florestas secundárias e em pastagens, apresentando potencial para a recuperação de áreas degradadas, seja na forma de monocultivo ou de sistema silvipastoril (PIRES et al., 2016).

Os frutos dessa palmeira não costumam ser comercializados em larga escala, sendo, normalmente, consumidos por pessoas e bovinos (CYMERYS; FERREIRA, 2011). Segundo Matos et al. (2017), populações naturais de *Attalea maripa* estão sendo gradualmente eliminadas durante a limpeza de pastos e para o preparo de áreas agrícolas e, como a espécie não apresenta grande valor econômico, torna-se subutilizada.

No que concerne a *Attalea speciosa*, a espécie ocorre nos biomas Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, apresentando distribuição em vários estados do Brasil (CARRAZZA et al., 2012). Essa espécie pode estar presente em áreas abertas, sendo mais encontrada em áreas degradadas, onde é considerada uma espécie pioneira e dominante (SILVA et al., 2012), podendo ainda ser encontrada conjuntamente com *Attalea maripa* (CYMERYS; FERREIRA, 2011). Além disso, *Attalea speciosa* é importante para atividades extrativistas, especialmente no Nordeste, devido a comercialização do óleo de seu fruto, o qual está sendo fortemente estudado no segmento de fitocosmetologia (SANTOS et al., 2020).

Assim, tendo em vista que os painéis EGP permitem o uso de peças de madeira menores em sua fabricação e apresentam custos de produção relativamente baixos comparados a outros tipos de painéis, podem ser uma alternativa para o uso dos caules das palmeiras. Normalmente, esses caules são utilizados sem fins comerciais, já que a atividade econômica desta família está mais ligada a comercialização de seus frutos ou palmitos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial do lenho de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. e *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng para produção de painéis EGP, como forma de subsidiar novas alternativas de usos e agregar valor a esses materiais lignocelulósicos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as propriedades químicas do lenho de *Attalea maripa* e *Attalea speciosa*;
- Avaliar as propriedades físicas do lenho de *Attalea maripa* e *Attalea speciosa*;
- Avaliar a qualidade da colagem de topo de *Attalea maripa*, *Attalea speciosa* e de emendas mistas, por meio de emendas *finger-joint*;
- Avaliar o efeito das espécies ou juntas mistas, adesivos e gramaturas, bem como suas interações, na qualidade da colagem lateral.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PAINÉIS COLADOS LATERALMENTE (EGP)

Os painéis colados lateralmente ou *Edge Glued Panel* (EGP), em inglês, têm como característica principal serem formados por peças coladas lateralmente (ABIMCI, 2009). Além disso, esses sarrafos podem ainda apresentar união de topo do tipo *finger joint*, não sendo normalmente aplicado nenhum tipo de revestimento por se visar o desenho natural da madeira (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020).

Como vantagens desses painéis, pode-se citar o reaproveitamento de resíduos de serrarias, utilização de toras de pequenos diâmetros e flexibilidade no tamanho final do produto (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Ainda como vantagem, os autores abordam que a produção de EGP apresenta custos relativamente baixos dos equipamentos empregados em sua produção em comparação a outros tipos de painéis, como MDP, MDF, OSB e compensados.

Quanto as espécies mais utilizadas para produção desse painel, destaca-se as do gênero *Pinus*, principalmente *Pinus taeda* (ABIMCI, 2009; IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Contudo, espécies como *Tectona grandis* e do gênero *Eucalyptus* também são utilizadas, mas em menor escala (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020).

No que se refere ao processo de colagem do EGP, inicialmente, realiza-se a colagem das emendas de topo e, em um segundo momento, ocorre a união dos sarrafos laterais (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020; JUÍZO, 2015). Nessas etapas, a pressão e a quantidade de adesivo variam especialmente em função da densidade da madeira (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Além disso, esses autores destacam que, atualmente, o PVA e o EPI são os adesivos mais empregados no processo de fabricação do EGP, seguidos do poliuretano e melanina-uréia-formaldeído, em menor escala.

De forma geral, os painéis EGP podem ser empregados nos segmentos industriais de móveis, portas, pisos, bem como na construção civil (JUÍZO, 2015). Smith e Araman (1997) exemplificam que na indústria moveleira, os painéis colados lateralmente são utilizados como tampos de mesa, frentes de gavetas, quadro de móveis estofados, frentes de armários e prateleiras. No Brasil, esses

produtos moveleiros são fortemente consumidos no mercado interno (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020).

## 2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DE PAINÉIS EGP

### 2.2.1. Madeira

A madeira possui características importantes no processo de colagem. Essas características incluem as propriedades anatômicas, físicas e químicas, que são descritas a seguir.

#### 2.2.1.1 Propriedades anatômicas

No caso das espécies arbóreas, existem dois grandes grupos, angiospermas (folhosas) e gimnospermas (coníferas) (GARDNER, 2016). Em ambos os grupos, a madeira é dividida em duas zonas: o alburno, região normalmente mais clara, que possui células vivas; e o cerne, que tem coloração mais escura, com a maior parte das células mortas (WIEDENHOEFT, 2010; BILA, 2014). Destaca-se ainda que comparado ao alburno, a madeira do cerne é mais densa, mas apresenta maior concentração de extrativos, o que reduz a mobilidade do adesivo e pode prejudicar as reações químicas de sua cura/polimerização (ALBUQUERQUE et al., 2020).

Quanto ao seu desenvolvimento, a madeira desses grupos forma anéis de crescimento (WIEDENHOEFT, 2010). Segundo o autor, um anel de crescimento é formado pelo lenho inicial (produzido em condições mais favoráveis de crescimento) e o lenho tardio (condições menos ideais), ambos com anatomias distintas. Para o processo de colagem, a penetração do adesivo no lenho inicial é, normalmente, mais fácil que no lenho tardio, pois este último é mais denso e menos poroso (GARDNER, 2016).

Em contrapartida, quando se refere às palmeiras, esse grupo apresenta uma anatomia mais simples: feixes fibrovasculares imersos em uma matriz parenquimática (HOWARD, 2001; HENDERSON, 1990). Em algumas espécies, o caule é diferenciado em duas zonas: a zona periférica, com maior concentração de feixes de fibras e uma região central, com menor quantidade

de feixes fibrovasculares e predominância de parênquima (THOMAS; FRANCESCHI, 2013). A anatomia das palmeiras é melhor detalhada na seção 2.3.

Em todos os casos, a estrutura anatômica está presente como um fator influente na colagem. Isso ocorre devido ela ser responsável pela estrutura do lenho: dimensão e disposição dos elementos e frequência das cavidades celulares (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020), os quais, segundo estes autores, influenciam a permeabilidade e porosidade da madeira e, conseqüentemente, afetam o movimento do adesivo para seu interior.

Segundo Vick (1999), do volume total da madeira, 46% a 80% pode ser de espaços vazios, o que afeta as questões de profundidade e direção do fluxo do adesivo. Além disso, o autor ainda reforça que existem grandes diferenças entre a porosidade de madeiras de espécies folhosas e de coníferas, bem como em espécies de um mesmo grupo, o que também gera uma diferenciação na quantidade de adesivo a ser aplicada e na direção de seu fluxo.

Espécies com alta porosidade estão mais propensas a apresentar uma penetração demasiada, o que pode ocasionar a formação da chamada linha de cola “faminta” e resultar em uma fraca ligação entre as peças coladas (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Já espécies com menor porosidade terão baixa permeabilidade ao adesivo e, como consequência, uma ligação adesiva mais “espessa”, superficial e menos resistente (ALBUQUERQUE et al., 2020). Nesse sentido, os autores apontam como solução o controle da viscosidade do adesivo com base na porosidade da madeira, para que não ocorram problemas relacionados a penetração do mesmo.

#### 2.2.1.2 Propriedades físicas

Uma característica que tem uma relação inversa com a porosidade é a densidade da madeira. Prata (2010) explica que, quanto maior densidade, menos poros ou poros de menores tamanhos serão encontrados e ainda será provável a presença de tilos ou um alto teor de extrativos. Essas características, segundo o autor, resultam na redução da permeabilidade da madeira.

Dessa forma, com a redução da permeabilidade, será mais difícil a colagem, pois os adesivos não penetrarão com facilidade, sendo necessária uma

pressão maior na madeira para que haja o contato entre a superfície do material e o adesivo (VICK, 1999). Frihart e Hunt (2010) corroboram com essa ideia, explicam que madeiras de alta densidade apresentam células com paredes celulares mais espessas, ou seja, menor lúmen, sendo este o motivo da necessidade de uma pressão maior no processo de colagem.

Além da densidade, a umidade também está relacionada com a porosidade, sendo da mesma forma uma característica importante no processo de colagem da madeira (JUÍZO, 2015). A umidade influencia na quantidade e ritmo de absorção do adesivo líquido pela madeira, sendo que quanto menor o conteúdo de umidade da madeira, maior será a taxa de absorção, velocidade de cura e solidificação do adesivo (ALBUQUERQUE et al., 2020).

Na relação entre a umidade e adesivos aquosos, a porcentagem de umidade na madeira combinada com a água do adesivo influencia em questões como umedecimento, fluidez, penetração e na cura dos mesmos (VICK, 1999). Em vista disso, o autor destaca que, geralmente, esses adesivos aderem na madeira de forma satisfatória apenas quando a madeira está na faixa de 6% a 14% de umidade.

A umidade também tem relação direta com a estabilidade dimensional da madeira. Essa propriedade se faz importante, pois pode promover deformações no painel, em função da variação da umidade, além de gerar tensões na linha de cola (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Frihart et al. (2019) complementam afirmando que muitos adesivos podem desenvolver boas ligações com a madeira, no entanto, não são todos que resistem a estas mudanças dimensionais causadas pela variação de umidade.

As variações dimensionais ocorrem em duas situações: quando a madeira absorve a umidade do ar e esta é armazenada nas paredes das células, fazendo elas aumentarem; ou no processo inverso, de liberação da umidade, em que as células contraem (AMMANN, 2015). Além disso, as mudanças dimensionais da madeira são diferentes para as três direções do lenho. Tangencialmente, a retração e o inchamento são maiores (6% a 12%), enquanto na direção radial são tipicamente cerca da metade da tangencial (FRIHART; HUNT, 2010). Já longitudinalmente, as variações dimensionais são muito inferiores, cerca de 0,1% (JAKES et al., 2017).

Tendo em vista esses fatores, é importante que os adesivos produzam ligações duráveis, capazes de lidar com tais variações dimensionais, pois à medida que a madeira incha ou contrai, os adesivos não seguem a mesma expansão volumétrica, ocasionando uma tensão significativa entre a madeira e o adesivo (JAKES et al., 2017).

### 2.2.1.3 Propriedades químicas

Em relação as propriedades químicas, os extrativos apresentam uma grande importância para os processos de colagem. Esses componentes variam de acordo a origem da madeira, região (cerne ou alburno), espécies e até mesmo dentro a mesma espécie, e representam cerca de 1% a 10% do peso seco da árvore (HSE; KUO, 1988; GARDNER, 2016). Segundo Gardner (2016), os extrativos dos materiais lignocelulósicos são subprodutos de processos fisiológicos e abrangem uma gama de compostos, como os ácidos graxos, as ceras e os compostos aromáticos.

Durante o processo de secagem, muitos extrativos são transportados para superfície da madeira junto com a água (HSE; KUO, 1988; GARDNER, 2016). No entanto, aqueles que não volatilizam com a água permanecem na superfície da madeira (GARDNER, 2016). Essa movimentação dos extrativos resulta na contaminação da superfície e causa efeitos indesejáveis e imprevisíveis sobre o processo de colagem, como linhas de cola fracas e menos duráveis (KUMAR; PIZZI, 2019; HSE; KUO, 1988).

Como exemplo das dificuldades na colagem, pode-se citar o bloqueio dos locais de reação que impedem a ancoragem dos adesivos; ligações adesivas inferiores, devido a incompatibilidade química entre os extrativos e o adesivo; alteração da permeabilidade do adesivo e modificação das características de cura do adesivo (HSE; KUO, 1988).

Hse e Kuo (1988) acreditam que a quantidade e composição dos extrativos, as propriedades e as características dos adesivos, bem como a natureza da superfície da madeira, estão todos envolvidos na relação dos adesivos com o processo de colagem. Como solução para a contaminação causada pelos extrativos, os autores apontam o aplainamento da superfície da madeira, pois esse processo permite não apenas a remoção desses

componentes, mas também a exposição de uma superfície mais nova da madeira, a qual os adesivos se ligam de maneira mais eficiente.

Outra característica química da madeira importante no processo de colagem, e relacionada aos extrativos, é o pH. Este, por sua vez, está normalmente situado na faixa de 3 a 6 (ALBUQUERQUE et al., 2020). Segundo os autores, a migração de extrativos para superfície pode alterar o pH da madeira, inibindo as reações químicas de endurecimento do adesivo e, conseqüentemente, afetando a resistência e coesão da linha de cola.

Ademais, Marra (1992) explica que o pH da madeira pode entrar em conflito com o pH do adesivo, haja vista que os adesivos apresentam um valor de pH altamente controlado. Geralmente, o pH de um adesivo é projetado para produzir uma solubilidade, efeito e endurecimento específico para cada formulação (MARRA, 1922). Desse modo, esse conflito pode tornar-se um problema no processo de colagem.

Outros componentes que apresentam relação com o pH da madeira são as cinzas, que são considerados materiais indesejáveis na produção de painéis de madeira sólida. Muito embora não afetem diretamente a ligação adesiva, as cinzas podem ter influência no pH e ocasionar conseqüências indiretas ao processo de colagem (ALBUQUERQUE et al., 2020). Além disso, devido serem minerais, podem também gerar desgaste de ferramentas de corte durante o preparo do material (IWAKIRI, TRIANOSKI, 2020).

### 2.2.2 Adesivo

Até o século XX, os adesivos utilizados nos processos de colagem eram de origem natural, no entanto, o avanço das tecnologias proporcionou a criação de adesivos sintéticos (FRIHART; HUNT, 2010). Esses polímeros sintéticos apresentam diversas vantagens em relação aos naturais, como maior rigidez, duração e resistência à água (VICK, 1999).

Nesse sentido, devido a gama de adesivos disponíveis, sua escolha se inicia a partir do uso final do produto e do ambiente no qual ficará exposto (VICK, 1999). Para o autor, deve-se observar em seguida as características do adesivo, como resistência e durabilidade. A tabela 1 demonstra essa relação do adesivo em função das condições de ambiente.

TABELA 1 – ADESIVOS DE MADEIRA CATEGORIZADOS DE ACORDO COM AS CONDIÇÕES DE USO DO PRODUTO COLADO

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

FONTE: Frihart; Hunt (2010).

Dessa forma, os adesivos são de grande importância para a indústria de base florestal (FRIHART; HUNT, 2010). Os autores reforçam que os adesivos são um ponto chave para o uso dos recursos madeireiros de forma eficiente, especialmente nos setores de móveis, produtos engenheirados e construção. Considerando o tema desta pesquisa (EGP), ressalta-se que os adesivos mais utilizados são poliacetato de vinila (PVA) e emulsão polimérica de isocianato (EPI) (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Assim, estes serão descritos nos próximos tópicos.

#### 2.2.2.1 Poliacetato de vinila (PVA)

O PVA, também conhecido como cola branca, assim como outros adesivos derivados, é principalmente utilizado para a colagem da madeira (FRIHART, 2005). Sua aplicação é encontrada na manufatura de painéis colado lateralmente, *finger-joint*, móveis, colagem de lâminas e junções de componentes em marcenaria e carpintaria (ALBUQUERQUE et al., 2020).

Esse adesivo é termoplástico e ganhou grande aceitação nas indústrias de adesivos (ÖZÇİFÇİ; YAPICI, 2008). Sua grande utilização, segundo os autores, é proveniente de suas características, pois é inodoro, não inflamável e de fácil aplicação. Além disso, Albuquerque et al. (2020) complementam que são de baixo custo, secagem rápida, fácil limpeza e cura em temperatura ambiente.

Quanto ao uso, o PVA se classifica em quatro classes, conforme descrito por Albuquerque et al. (2020), sendo elas: D1, para uso interior (teor de umidade < 15%); D2, uso interior (teor de umidade < 18%); D3, uso interno/externo (não exposto diretamente ao clima) e D4, uso interno/externo (exposto diretamente ao clima, mas com proteção).

Outras características desse adesivo estão relacionadas ao fato dele ser termoplástico. Por exemplo, quando em contato com altas temperaturas, o PVA amolece e flui, endurecendo novamente conforme resfria (VICK, 1999; FRIHART; HUNT, 2010; ULKER, 2016). Desse modo, esse adesivo normalmente apresenta baixa resistência ao calor, bem como à umidade (FRIHART; HUNT, 2010).

Por fim, dentre suas características técnicas destaca-se a coloração branca-amarelada, o teor de sólidos de 51% a 55% (1g/1h/105 ° C), a viscosidade de Brookfield (25 °C) de 6.000 a 8.000 cP e o pH (25 °C) variando de 4,0 a 5,0 (ALBUQUERQUE et al., 2020). Além disso, é conhecido por ter longa vida útil, podendo ser armazenado a temperatura ambiente (ULKER, 2016).

#### 2.2.2.2 Emulsão polimérica de isocianato (EPI)

A emulsão polimérica de isocianato (EPI) é um adesivo caracterizado como bicomponente. Em função disso, é formado por uma base de poliacetato de vinila e um isocianato polimérico (difenilmetano-diisocianato - MDI) (IWAKIRI et al., 2016). Esse último componente, segundo estes autores, é o responsável por catalisar a reação de cura do adesivo, que ocorre por meio da reação dos grupos isocianatos com as hidroxilas da madeira.

Nesse contexto, como em qualquer sistema de dois componentes, a mistura adequada é um fator importante (FRIHART, 2005). Essa mistura é obtida a partir de 100 partes/peso do adesivo e 15 – 20 partes/peso do catalisador,

sendo que o tempo de vida útil após a mistura é de até 60 minutos (ALBUQUERQUE et al., 2020).

Lopes (2008) enfatiza que tempo de aplicação do EPI deve ser adaptado, conforme as recomendações dos fabricantes devido sua elevada reatividade. Geralmente, a emulsão desse adesivo possibilita que polímeros de alto peso molecular sejam usados, enquanto mantém-se uma baixa viscosidade da solução, facilitando sua aplicação (FRIHART, 2005).

Quanto a sua utilização industrial, o uso dos adesivos EPI pode variar em razão de sua versatilidade. De forma comercial, seu emprego está relacionado a colagem de painéis, colagem de plásticos em superfícies de madeira, colagem da alma dos painéis OSB na estrutura da flange de vigas do tipo I, portas e materiais arquitetônicos (LOPES, 2008; FRIHART; HUNT, 2010).

Essa versatilidade do EPI ocorre em virtude de suas características. Dentre elas, pode-se citar a boa resistência à água e a capacidade de colar plásticos e outros substratos não madeira, tornando esta uma vantagem em relação a outros adesivos. Já o custo mais elevado e a necessidade de misturar dois componentes antes do uso são tidos como desvantagens (FRIHART, 2005).

Por fim, como características técnicas destaca-se a coloração branco-amarelada, o teor de sólidos (1g/1h/105 °C) variando de 42% a 46%, a viscosidade de Brookfield (25 °C) de 4.000 a 7.000 cP e o pH (25 °C) de 7,0 a 8,5 (ALBUQUERQUE et al., 2020).

### 2.2.3. VARIÁVEIS DO PROCESSO DE COLAGEM

No processo de colagem de painéis de madeira, alguns parâmetros podem ser controlados com o objetivo de melhorar a qualidade da colagem e minimizar custos (MÖLLEKEN, 2017). Nesse sentido, o autor destaca como parâmetros passíveis de controle, além do tipo de adesivo, a gramatura, a pressão aplicada e o tempo de prensagem.

#### 2.2.3.1 Gramatura

A gramatura refere-se à quantidade de adesivo utilizado na formação da linha de cola entre duas peças de madeira, sendo um parâmetro importante para

promover uma boa colagem (IWAKIRI et al., 2021). Essa quantidade pode variar bastante para cada adesivo e, principalmente, em função das características da madeira (MARRA, 1992). Araújo (2019) corrobora com essa perspectiva, destacando que na madeira, a principal característica levada em consideração é a densidade, devido sua relação com a anatomia.

Ademais, a exemplo da influência da madeira, pode-se citar os casos em que a esta apresenta superfícies muito rugosas ou alta porosidade. Nesses casos, a quantidade de adesivo para o processo de colagem será maior (MARRA, 1992). A gramatura utilizada deve ser suficiente para preencher a área da madeira a ser colada, de forma que não se tenham excessos ou faltas de adesivo.

De forma geral, a quantidade de adesivo utilizada na produção de painéis EGP varia de 180 a 220 g/m<sup>2</sup> (ALBUQUERQUE et al., 2021). No entanto, sua influência na resistência da colagem lateral desses painéis pode variar. Percebe-se que em algumas espécies esse parâmetro pode influenciar positivamente, promovendo aumento da resistência final (IWAKIRI et al., 2021; BECKER, 2011). Por outro lado, em outras espécies, a gramatura não apresenta influência significativa (FONTE; TRIANOSKI, 2015; IWAKIRI et al., 2015; CAMPELO, et al., 2017).

#### 2.2.3.2 Pressão

A pressão é empregada no processo de colagem para garantir a união das peças, uma vez que a maioria dos adesivos, sozinhos, não conseguem cumprir essa função (FRIHART; HUNT, 2010). Para isso, define-se a pressão a ser aplicada, de acordo com as características da madeira utilizada (MARRA, 1992).

Para madeiras com superfícies ásperas ou que apresentam maior densidade, será necessária maior pressão. Já no caso de madeiras com superfície plana ou de menor densidade, a pressão utilizada será menor (MARRA, 1992). Em ambos os casos, a pressão aplicada irá ajudar o adesivo a umedecer e penetrar na madeira (FRIHART; HUNT, 2010).

Dessa forma, como a pressão influencia na penetração do adesivo na madeira, deve-se observar qual a melhor pressão no momento da colagem

(TIENNE, 2000). Segundo essa mesma autora, pressões muito elevadas podem gerar uma movimentação excessiva do adesivo, fazendo com que ele transborde, enquanto pressões muito baixas podem diminuir sua penetração.

Por fim, Frihart e Hunt (2010) corroboram estabelecendo valores básicos. Para os autores, pressões baixas em torno de 0,7 MPa são adequadas para madeiras de baixa densidade, pois são mais fáceis de colar. Já para espécies de média e alta densidade, a pressão pode variar até 1,7 MPa.

### 2.2.3.3 Tempo de prensagem

O tempo de prensagem da madeira nos processos de colagem varia, principalmente, em função do adesivo utilizado (MARRA, 1992). O autor esclarece que adesivos que endurecem por perda de umidade irão exigir um tempo maior sob pressão, especialmente nos casos que a madeira estiver no limite máximo de umidade aceitável para ser colada. Além disso, maior pressão também será necessário quando se utilizar uma quantidade maior de adesivo no processo.

No caso de adesivos como a emulsão polimérica de isocianato, poliacetato de vinila, resina epóxi e poliuretanos, que curam a temperatura ambiente, o tempo de pressão necessária para que ocorra uma boa colagem será menor (FRIHART; HUNT, 2010). Apesar disso, esse período de pressão também pode variar de acordo com o tipo de prensa utilizada (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020).

Iwakiri e Trianoski (2020) explicam que, quando a prensagem for a frio, a operação será menos automatizada, com maior facilidade operacional e menor custo de aquisição e manutenção dos equipamentos. Para os autores, a desvantagem, nesse caso, é o maior tempo de prensagem, que pode variar de 30 minutos a 8 horas, dependendo do adesivo.

Em contrapartida, no processo de alta frequência, o aquecimento e a cura do adesivo ocorrem por meio do calor (radiação eletromagnética) (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). Por esse motivo, segundo os autores, o processo é muito mais rápido, geralmente alguns minutos. No entanto, nesses casos há um custo mais elevado, devido às características da prensa.

### 2.3 PALMEIRAS DA FAMÍLIA ARECACEAE

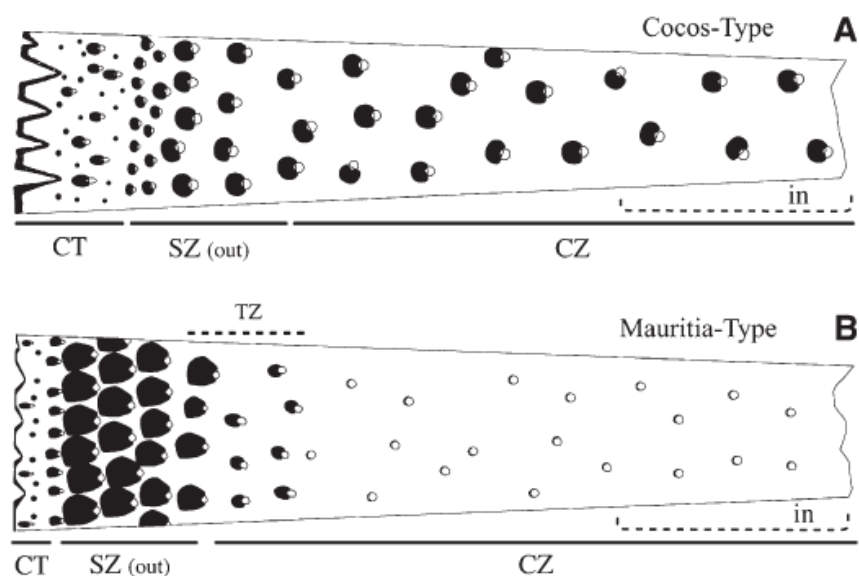
As palmeiras podem ser encontradas principalmente em áreas tropicais e subtropicais, muito embora sejam distribuídas também em latitudes mais altas, como no Sul do hemisfério (RIVAS; BARBIERI; MAIA, 2012). Normalmente, são mais abundantes em ecossistemas tropicais, nas florestas úmidas de planícies montanhosas (HENDERSON, 2006).

Há muitos anos as palmeiras são consideradas espécies importantes. Küchmeister et al. (1999) relatam que juntamente com as famílias Poaceae e Leguminosae, as palmeiras fazem parte do grupo economicamente mais importante de plantas úteis. Segundo os autores, as palmeiras geram produtos importantes como o palmito, que é vendido mundialmente, os frutos e as sementes, que são aproveitados como alimentação na Amazônia, bem como os vinhos provenientes desses frutos, como o vinho do açaí (*Euterpe* spp.), da bacaba (*Oenocarpus bacaba*), do buriti (*Mauritia flexuosa*) e do patauá (*O. bataua*).

Os caules das palmeiras monocotiledôneas não apresentam crescimento de espessamento secundário, haja vista que não possuem câmbio vascular. Apesar disso, conseguem atingir dimensões semelhantes às árvores, sofrendo cargas mecânicas, devido ao vento, que são comparáveis às madeiras de folhosas e coníferas (RÜGGERBERG et al., 2009).

Seu caule (estipe) é composto por feixes fibrovasculares concentrados que formam um córtex extremamente duro em algumas espécies (HOWARD, 2001). Essas células fibrosas estão imersas em uma matriz parenquimática que, por sua vez, é uma região macia justamente por apresentar mais células deslignificadas (HENDERSON, 1990). A figura 1 apresenta alguns exemplos de como ocorre a organização das células no caule das palmeiras.

FIGURA 1 – ORGANIZAÇÕES DE CAULES DE PALMEIRAS.



FONTE: Thomas; Franceschi (2013).

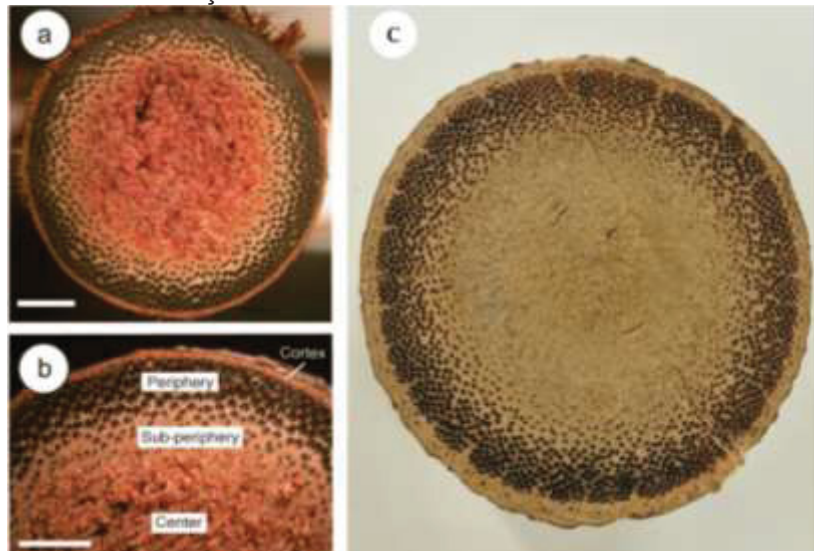
Notas: A – Tipo gênero *Cocos*; B – Tipo gênero *Mauritia*; CT – Córtex; SZ – Zona periférica; CZ – Zona central; e TZ – Zona de transição.

Na figura 1A descrita por Thomas e Franceschi (2013), pode-se notar uma distribuição regular dos feixes fibrovasculares em toda a seção transversal. Nesse caso, há um córtex (CT) mais desenvolvido e bem delimitado a partir da zona subcortical (SZ). Já na zona central (CZ), ocorrem feixes fibrovasculares levemente mais espaçados que a região anterior.

Na figura 1B, os autores acima mostram o contraste que ocorre na organização do tipo B. Palmeiras com esse tipo de organização, geralmente, não apresentam um córtex desenvolvido. Além disso, há uma concentração de feixes com uma região fibrosa muito mais desenvolvida na zona periférica (SZ), além da presença de uma zona de transição (TZ) e uma região central com área fibrosa bastante reduzida.

Essa anatomia é totalmente diferente das encontradas na madeira, a qual apresenta uma distribuição uniforme de tecidos de enrijecimento do tronco e células anatomicamente diferentes (RÜGGEBERG et al., 2009). A figura 2 exemplifica a distribuição de duas espécies de palmeiras bastante importantes economicamente: o açazeiro (*E. olerarcea*) e o gênero da pupunheira: *Bactris*. Ambas apresentam organizações similares com as espécies avaliadas neste estudo, se enquadrando na organização da figura 1A.

FIGURA 2 – SEÇÃO TRANSVERSAL DO CAULE DE PALMEIRAS.



FONTE: A e B – *Bactris* (MAGELLAN et al., 2015); C – *E. oleracea* (BALBONI et al., 2019).

Ao longo dos anos, alguns estudos foram produzidos para avaliar o potencial de uso dos caules da família das palmeiras. Por exemplo, Fathi e Frühwald (2014) estudaram as propriedades anatômicas, físicas e mecânicas do coqueiro (*Cocos nucifera*) em subseções radiais e concluíram que o material da zona periférica (região fibrosa) do caule é diferente da porção interna, apresentando maior quantidade de feixes fibrovasculares, maior densidade e, conseqüentemente, maiores propriedades mecânicas.

Já Balboni et al. (2019) avaliaram as propriedades do caule do açazeiro (*Euterpe oleracea*) na zona central e periférica. Os autores apontaram que a zona central, de baixa densidade, não é adequada para ser utilizada como uma fonte de material lignocelulósico. Os autores explicam ainda, que a zona periférica do açazeiro apresentou densidade semelhante à do bambu e propriedades mecânicas equivalente à algumas espécies amazônicas, podendo ser aproveitada.

Quanto à atividade econômica desenvolvida com as espécies da família Arecaceae, pode-se destacar os produtos de relevância econômica. Atualmente, o consumo expressivo do açaí, fruto do açazeiro, tornou essa espécie mundialmente conhecida. Segundo o Relatório da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura de 2019 (PEVS, 2020), o fruto do açaí foi o produto não madeireiro mais produzido no Brasil no grupo de alimentícios (48,3%). Nesse cenário, a maior parte da produção foi oriunda do estado do Pará, que apresenta

o maior valor de produção agrícola da região Norte, devido ao cultivo do açaí (PAM, 2020).

Outro produto muito importante economicamente é o óleo proveniente do fruto do dendê, oriundo da palmeira *Elaeis guineenses*. Este está entre os óleos vegetais mais comercializados mundialmente, sendo o líder mundial em comércio e consumo (MAPA, 2018). Entre as regiões do mundo mais produtoras, o maior destaque vai para a Ásia (84,1%), nos países da Indonésia e Malásia (FAO, 2020). No Brasil, o estado do Pará é o maior produtor, segundo a SEDAP (2020).

Há ainda a extração do palmito, em que inicialmente, a produção era oriunda da espécie juçara (*E. edulis* Mart.), no entanto, com a exploração predatória dessa palmeira, passou-se a extrair o palmito do açaí (LOPES et al., 2004). Atualmente, a maior produção de palmito é proveniente da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), que apresenta diversas vantagens em relação às anteriores, como a colheita precoce, qualidade do palmito e facilidade nos tratamentos silviculturais (EGEA et al., 2018).

Nesse cenário, a produção nacional do palmito conta com mais de 27 mil hectares de área plantada destinada para sua extração (PAM, 2020). Ainda segundo esse banco de dados, a produção total ultrapassou 113 mil toneladas em 2019, com as regiões Sudeste e Sul como as maiores produtoras, ambas com mais de 40 mil toneladas de palmito.

### 2.3.1 *Attalea maripa* (Inajá)

Apesar da grande diversidade de palmeiras na região amazônica, muitas espécies ainda são pouco aproveitadas economicamente. Como exemplo, cita-se a Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) (Figura 3), espécie que ocorre em toda a região Norte do Brasil (NAGAISHI et al., 2019). Nessa região, a espécie apresenta uma ampla ocorrência e abundância em sistemas pastoris e em florestas secundárias (MATOS et al., 2017).

FIGURA 3 – PALMEIRA DA ESPÉCIE *Attalea maripa*

FONTE: Bezerra (2011).

Morfologicamente, trata-se de uma palmeira solitária que alcança até 25 metros de altura, com a parte basal lisa e a superior engrossada por bainhas persistentes (LIMA; ALMEIDA JÚNIOR, 2020; OLIVEIRA et al., 2006). Além disso, seu caule pode alcançar até 100 cm de DAP, suas folhas pinadas atingem até 5 metros de comprimento e sua inflorescência interfoliar é protegida por uma bráctea dura (KÜCHMEISTER et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2006). Por fim, seu fruto quando imaturo é verde e quando maduro é castanho esbranquiçado, apresentando polpa macia alaranjada e semente castanho esbranquiçada (OLIVEIRA et al., 2006).

A parte mais utilizada dessa espécie é sua folha. Esta, quando madura, é utilizada como cobertura e paredes de casas e, quando jovem, é empregada na confecção de cestos para o acondicionamento e transporte de camarão, caranguejo, entre outros (OLIVEIRA et al., 2006). Quando se refere a outros tipos de uso para essa palmeira, especialmente os relacionados ao seu caule, poucas informações são encontradas na literatura.

Vale destacar ainda, que mesmo apresentando grande concentração em áreas antropizadas, muitas vezes *Attalea maripa* não desperta o interesse dos proprietários de terras. Entretanto, alguns pesquisadores alertam que a espécie está sendo apontada como potencialmente importante por multiplicar-se por sementes e apresentar frutificação abundante (PASSOS, 2014).

### 2.3.2 *Attalea speciosa* (Coco Babaçu)

O coco babaçu, ou somente babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) (Figura 4), se destaca na família Arecaceae por ser uma das espécies mais abundantes da Amazônia (GONZÁLEZ-PÉREZ et al., 2012). Além disso, e segundo estes autores, é considerada de fundamental importância para subsistência de comunidades tradicionais, uma vez que todas suas partes são consideradas utilizáveis.

FIGURA 4 – PALMEIRA DA ESPÉCIE *Attalea speciosa*



FONTE: Martins (2000).

A espécie *Attalea speciosa* pode crescer até 24 metros de altura e apresentar caule ereto que pode chegar a 40 centímetros de diâmetro (LIMA; ALMEIDA JÚNIOR, 2020; FREITAS; BROKAMP, 2018). Seus frutos são ovais alongados, bastante pequenos comparados ao coco (medem cerca de 9 centímetros de comprimento e 5 centímetros de largura), mas são relativamente grandes, em relação aos frutos de outras palmeiras (FREITAS; BROKAMP, 2018).

Araújo et al. (2016) investigaram o conhecimento etnobotânico e usos do babaçu descritos por 193 famílias em uma área protegida do Lago Tucuruí na Amazônia Oriental, onde foram encontrados cerca de 60 usos distintos para essa palmeira. Esses usos foram categorizados, pelos autores, em nove classes: utensílios e ferramentas, construção, alimentação humana, usos ambientais, alimentação animal, combustível, usos medicinais, usos culturais e outros usos, sendo os três primeiros os de maior importância.

Essa espécie pode ocorrer tanto de forma isolada em florestas, como em áreas abertas, sendo encontrada com frequência em áreas degradadas, onde é considerada uma espécie pioneira e dominante (SILVA et al., 2012). No Brasil, *Attalea speciosa* está presente em quase todas as regiões do país, nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Tocantins, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais (FLORA DO BRASIL, 2021).

Dentre esses estados de ocorrência, apenas a população nordestina do Maranhão utiliza a espécie com frequência, devido ao babaçu fazer parte da economia extrativista de muitas famílias (GONZÁLEZ-PÉREZ et al., 2012). Essa atividade é realizada majoritariamente por mulheres que se intitulam quebradeiras de coco babaçu, as quais formam um grupo de 300 mil mulheres agroextrativistas (MIQCB, 2015).

O óleo retirado da semente do babaçu pode ser transformado em diversos produtos ou consumido *in natura*. Por exemplo, pode ser processado e transformado em margarina, xampu, detergentes, óleo de lâmpada e combustível, ou ser utilizado diretamente como óleo comestível, lubrificante e como produto para os cabelos (FREITAS; BROKAMP, 2018).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA DE MATERIAL

O material de estudo foi coletado no Município de Mojuí dos Campos no Estado do Pará. O clima dessa região obedece ao padrão Ami pela classificação de Köppen, com temperatura média anual do ar do ar de 25,9 ° C e 86% de umidade relativa do ar (SILVA; SABLAYROLLES, 2009).

As espécies de *Attalea maripa* (Inajá) e *Attalea speciosa* (Babaçu) foram coletadas em seu ambiente natural (Figura 5). No total, foram colhidas a porção basal (1,50 metros) de cinco caules de cada espécie estudada. Em seguida, os materiais foram transportados para o município de Santarém (PA), ficando acondicionados em local sombreado para secagem ao ar livre.

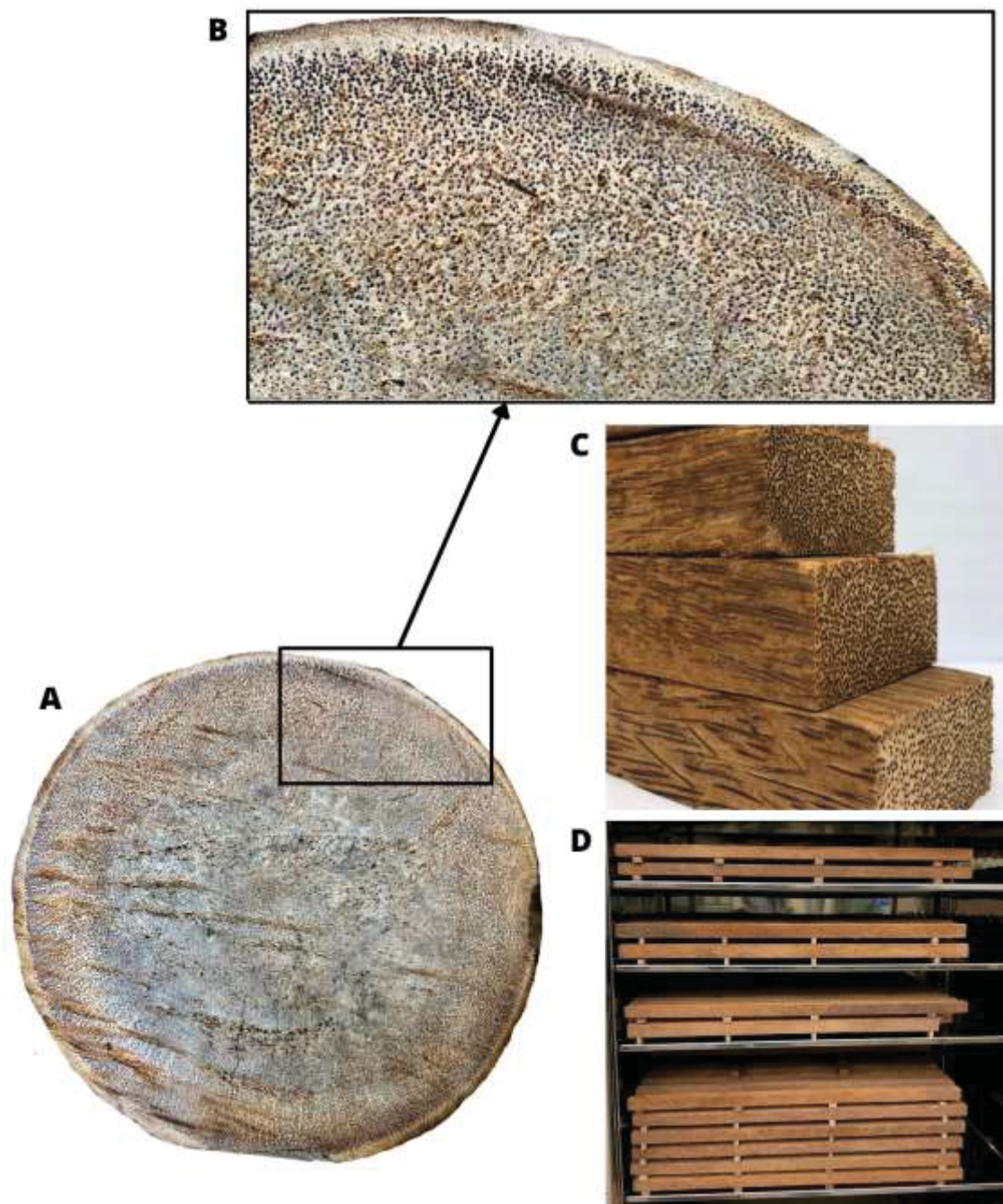
FIGURA 5 – ÁREA DE COLETA DAS PALMEIRAS ESTUDADAS.



FONTE: A autora (2022).

Após esse período, os caules foram transportados para o desdobro em serraria. Os sarrafos foram retirados radialmente à periferia do caule (zona periférica próxima a casca, figura 6A e 6B). Para cada espécie foram confeccionadas cerca 135 peças da zona periférica dos caules (Figura 6C), com comprimento de 720 mm e largura e espessura variadas para se obter o maior aproveitamento do material. Por fim, as amostras foram secas em estufa convencional até o teor de umidade médio de 12% (Figura 6D).

FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO DA ZONA PERIFÉRICA DAS PALMEIRAS



FONTE: A autora (2022).

NOTAS: A – disco da seção transversal; B – região periférica; C – amostras retiradas da zona periférica; D – amostras na secagem em estufa.

## 3.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS

### 3.2.1 Propriedades químicas

As análises dos componentes químicos foram realizadas no Laboratório de Química da Madeira da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Para o

preparo do material, foram coletadas frações menores de peças do caule das palmeiras com o auxílio de uma desengrossadeira. Em seguida, o material passou por um moinho de facas tipo Wiley para ser transformado em serragem, a qual foi classificada por um conjunto de peneiras, em que se utilizou apenas o material retido entre a peneira de 40 e 60 *mesh*.

As análises químicas realizadas são demonstradas na figura 7. Foram determinadas as seguintes propriedades, com três repetições cada:

- Umidade da serragem: TAPPI 264 (TAPPI, 1997);
- Solubilidade em água fria: TAPPI 207 (TAPPI, 1999);
- Solubilidade em água quente: TAPPI 207 (TAPPI, 1999);
- Extrativos em etanol – tolueno: TAPPI 204 (TAPPI, 1997);
- Extrativos totais: TAPPI 204 (TAPPI, 1997);
- Cinzas: TAPPI 211 (TAPPI, 2002) e;
- pH: TAPPI 252 (TAPPI, 2002).

FIGURA 7 – DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES QUÍMICOS DAS PALMEIRAS



FONTE: A autora (2022).

NOTAS: A – moagem no moinho de facas tipo Wiley; B – determinação da massa para umidade; C – extrativos totais; D – solubilidade em água fria; E – cinzas do material; F – solubilidade em água quente; G – extrativos em etanol-tolueno; H - pH.

### 3.2.2 Propriedades físicas

A densidade aparente a 12% do lenho de *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* foi determinada (equação 1), de acordo com a norma brasileira NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997). Para a mensuração dessa variável, foram utilizados os sarrafos de colagem de topo.

$$\rho_{12\%} = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}} \quad (1)$$

Em que:

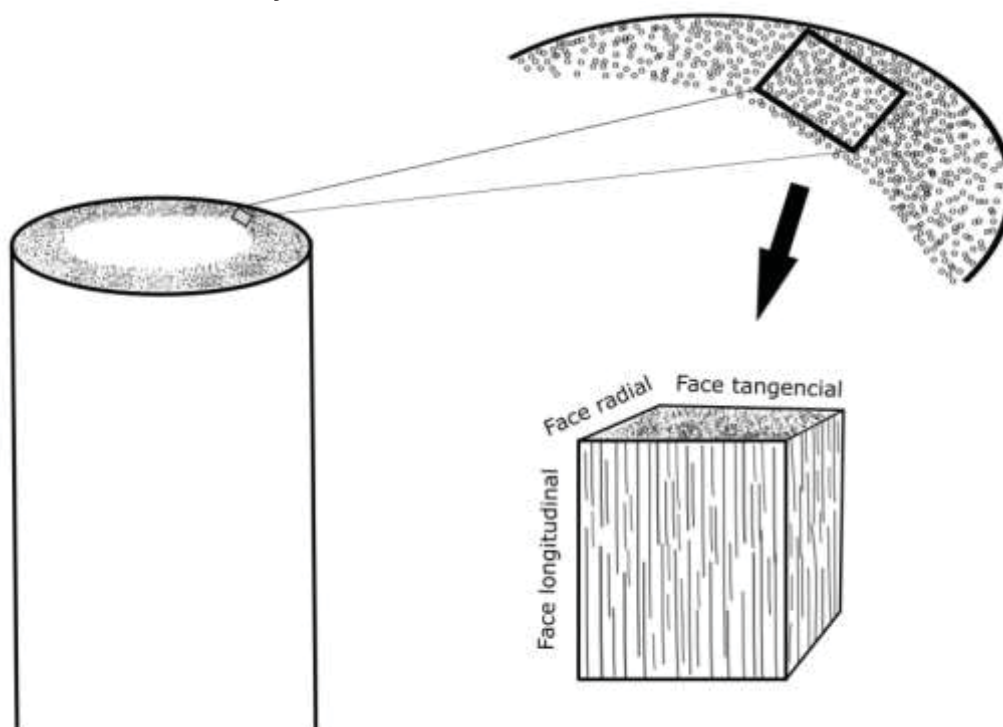
$\rho_{12\%}$ : Densidade aparente (g. cm<sup>-3</sup>);

$m_{12\%}$ : Massa a 12% de umidade;

$V_{12\%}$ : Volume a 12% de umidade.

A determinação das contrações tangencial, radial e longitudinal, bem como da anisotropia das amostras, também seguiu os procedimentos e dimensões estabelecidos na norma NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997). A definição das faces tangenciais, radiais e longitudinais seguiram metodologias propostas para o bambu (YE et al., 2020; TANG et al., 2019; RAMFUL et al., 2021), tendo em vista suas similaridades e ausência de anéis de crescimento (Figura 8).

FIGURA 8 – ILUSTRAÇÃO DAS FACES TANGENCIAL, RADIAL E LONGITUDINAL

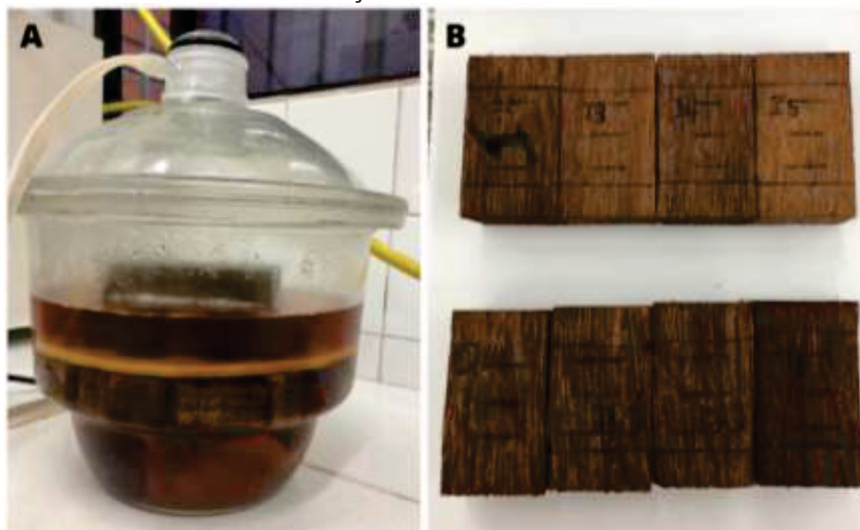


FONTE: A autora (2022).

Para cada espécie, obteve-se um total de 16 corpos de prova de 20 x 30 x 50 mm (espessura, largura e comprimento, respectivamente). As amostras foram colocadas em ambiente saturado, ficando imersas na água em um recipiente de vidro até a estabilização das suas dimensões (Figura 9A). Após esse período, obteve-se as dimensões tangencial, radial e longitudinal de cada amostra para o estado saturado.

Em seguida, os corpos de prova foram levados a estufa à 40 ° C, sendo a temperatura elevada de forma gradual durante os três primeiros dias, até se alcançar 103 °C ± 2 °C, para que não ocorresse o comprometimento do material. Com a estabilização da massa, foram mensuradas as dimensões no estado seco (0% de umidade) em todas as direções (tangencial, radial e longitudinal) (Figura 9B).

FIGURA 9 – DETERMINAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL



FONTE: A autora (2022).

Notas: A – Amostras em saturação; B – Amostras após a secagem a 0% de umidade

Com base nas dimensões dos estados saturado e seco, determinou-se as contrações tangencial, radial, longitudinal (equação 2) e volumétrica, bem como do coeficiente de anisotropia (equação 3).

$$\beta_{(t,r,l)} = \left( \frac{Du - Ds}{Du} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$CA = \frac{\beta_t}{\varepsilon_r} \quad (3)$$

Em que:

$\beta$ : Coeficiente de contração máxima linear (%);

t: Direção tangencial;

r: Direção radial;

l: Direção longitudinal;

Du: Dimensão em condição saturada (mm);

Ds: Dimensão em condição seca (mm);

CA: Coeficiente de anisotropia.

### 3.3 COLAGEM DE TOPO E LATERAL

#### 3.3.1 Produção dos sarrafos

Na colagem de topo, as emendas foram confeccionadas com *Attalea maripa*, *Attalea speciosa* e com a combinação das duas espécies (emendas mistas). Inicialmente, os sarrafos com dimensões de 52 x 28 x 720 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente) foram seccionados em uma serra circular para a definição de seu comprimento final: 200 mm para flexão estática e 300 mm para tração.

Posteriormente, foram feitas as ranhuras, por meio de uma fresa perfiladora disponível no laboratório de painéis de madeira da UFPR. A geometria dos “*fingers*” foi de 50 mm, 4 mm, 1,2 mm e 10 mm correspondentes à altura da emenda *finger-joint*, largura da base do dente, largura da ponta do dente e comprimento do dente, respectivamente. Para o ensaio flexão estática, as ranhuras foram realizadas em uma das extremidades dos sarrafos. Já para o ensaio de tração, foram realizadas ranhuras nas duas extremidades de cada sarrafo e, nesse caso, após cada sarrafo ter duas ranhuras, estes foram seccionados ao meio, resultando em dois sarrafos de 150 mm cada.

Na colagem lateral, as juntas coladas também foram confeccionadas com *Attalea maripa*, *Attalea speciosa* e com a combinação de ambas (juntas mistas). Primeiramente, os sarrafos com dimensões iniciais de 23 x 28 x 720 mm para espessura, largura e comprimento, respectivamente, foram submetidos ao aplainamento e corte, resultando em peças com dimensões de 20 mm de espessura x 25 mm de largura x 310 mm de comprimento.

### 3.3.2 Colagem de topo e lateral

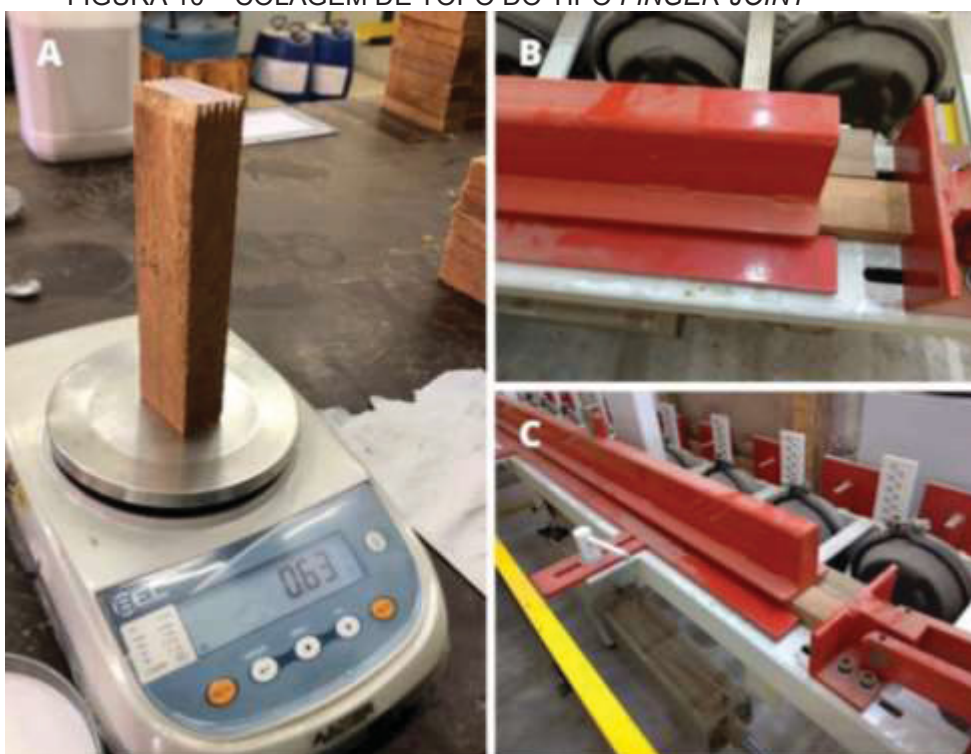
Na colagem de topo, todos os tratamentos foram colados com adesivo PVA na gramatura nominal de 200 g.m<sup>-2</sup> (Tabela 2). A aplicação do adesivo foi realizada com o auxílio de um pincel em ao menos 50% dos dentes em um dos sarrafos do encaixe (LAU, 2017) (Figura 10A). Nesse sentido, a colagem ocorreu pela união de dois sarrafos, que posteriormente foram levados para uma prensa pneumática para que se fosse exercida uma pressão de 1 MPa por 30 segundos (Figura 10B e 10C).

TABELA 2 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E NÚMERO DE CORPOS DE PROVA POR PRÉ-TRATAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA COLAGEM DE TOPO

Tratamentos	Flexão estática			Tração		
	Pré-tratamentos					
	Seco	Alta temperatura	Ciclo triplo	Seco	Alta temperatura	Ciclo triplo
<i>Attalea maripa</i>	20	20	20	12	12	12
<i>Attalea speciosa</i>	20	20	20	12	12	12
Emendas mistas	20	20	20	12	12	12

FONTE: A autora (2022).

FIGURA 10 – COLAGEM DE TOPO DO TIPO *FINGER-JOINT*



FONTE: A autora (2022).

Notas: A – Aplicação do adesivo; B e C – Prensagem.

Na colagem lateral, por sua vez, foram utilizados dois tipos de adesivos: PVA – D3 e EPI, e duas gramaturas nominais (Tabela 3). Os adesivos foram aplicados com auxílio de um pincel, sendo que uma junta foi formada pela união de dois sarrafos. Ao todo, foram produzidas sete juntas por tratamento

TABELA 3 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E NÚMERO DE CORPOS DE PROVA POR TRATAMENTO NA AVALIAÇÃO DA COLAGEM LATERAL

Tratamento	Espécie	Adesivo	Gramatura nominal (g.m <sup>-2</sup> )	Pré-tratamentos		Total de corpos de prova
				Imersão em água	Seco	
1	<i>Attalea maripa</i>	PVA	150	18	17	35
2			200	18	17	35
3		EPI	150	18	17	35
4			200	18	17	35
5	<i>Attalea speciosa</i>	PVA	150	18	17	35
6			200	18	17	35
7		EPI	150	18	17	35
8			200	18	17	35
9	Juntas mistas	PVA	150	18	17	35
10			200	18	17	35
11		EPI	150	18	17	35
12			200	18	17	35

FONTE: A autora (2022).

A prensagem dos sarrafos foi efetuada por intermédio de um aparato de ferro com dois suportes nas extremidades em formato “de calha”, interligados através de barras e ajustados com o auxílio de um torquímetro da marca Torcoflex, modelo K3550. Esse torquímetro foi regulado para gerar um torque de 1,5 MPa. O tempo de prensagem foi de 1 hora para os dois adesivos (Figura 11).

FIGURA 11 – COLAGEM LATERAL DAS PALMEIRAS



FONTE: A autora (2022).

Após a colagem de topo e lateral, as amostras foram acondicionadas por cerca de sete dias em temperatura ambiente para que houvesse a cura total do adesivo e estabilização de suas massas. Em seguida, foram levadas ao

laboratório de Usinagem da Madeira da UFPR para confecção dos corpos de prova.

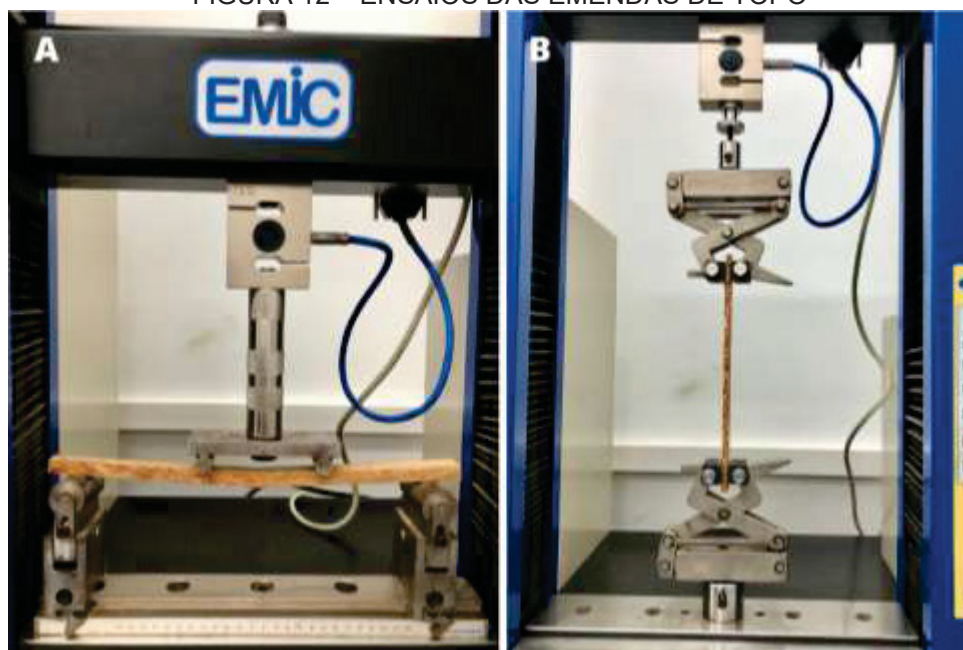
As dimensões finais dos corpos de prova para colagem de topo foram: 19,2 x 12,8 x 357 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente) para o ensaio de flexão estática e 19 x 6,4 x 254 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente) para o ensaio de tração, ambas conforme estabelecido pela norma ASTM D 5572 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005). Já para cada junta colada lateralmente, foram confeccionados cinco corpos de prova, conforme as dimensões estabelecidas pela norma EN 13354 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2009).

### 3.3.3. Avaliação da qualidade de colagem

Na colagem de topo para usos internos na condição seca, a norma ASTM D 5572 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005) estabelece três pré-tratamentos nos ensaios de flexão estática e tração. O primeiro, refere-se ao estado seco, em que os corpos de prova são ensaiados a 12% de umidade. O segundo pré-tratamento é de alta temperatura, em que as amostras ficam por seis horas em estufa à  $104 \pm 3$  °C e em seguida é realizado o ensaio. Por último, o ciclo triplo, nessa condição, ocorre primeiramente a imersão dos corpos de prova em água a temperatura ambiente (25 °C) durante 4 horas, seguida de secagem por 19 horas em estufa à  $41 \pm 3$  °C. Esse ciclo é repetido por três vezes e ensaia-se os corpos de prova na sequência.

Os resultados dos ensaios (Figura 12) foram comparados às especificações de valores mínimos de resistência da norma acima citada (Tabela 4). Para a tração, a norma ainda estabelece que as falhas na madeira no estado seco devem ser superiores a 60% no caso de gimnospermas e a 30% para angiospermas. No ciclo triplo, as falhas devem ser acima de 30% na madeira de coníferas e 15% para folhosas.

FIGURA 12 – ENSAIOS DAS EMENDAS DE TOPO



FONTE: A autora (2022).

Notas: A – Ensaio de flexão estática; B – Ensaio de tração.

TABELA 4 – REQUISITOS MÍNIMOS NA QUALIDADE DA COLAGEM DE TOPO

Ensaio	Pré-tratamentos (MPa)		
	Seco	Alta temperatura	Ciclo triplo
Flexão estática	13,8	-	6,9
Tração	13,8	6,9	6,9

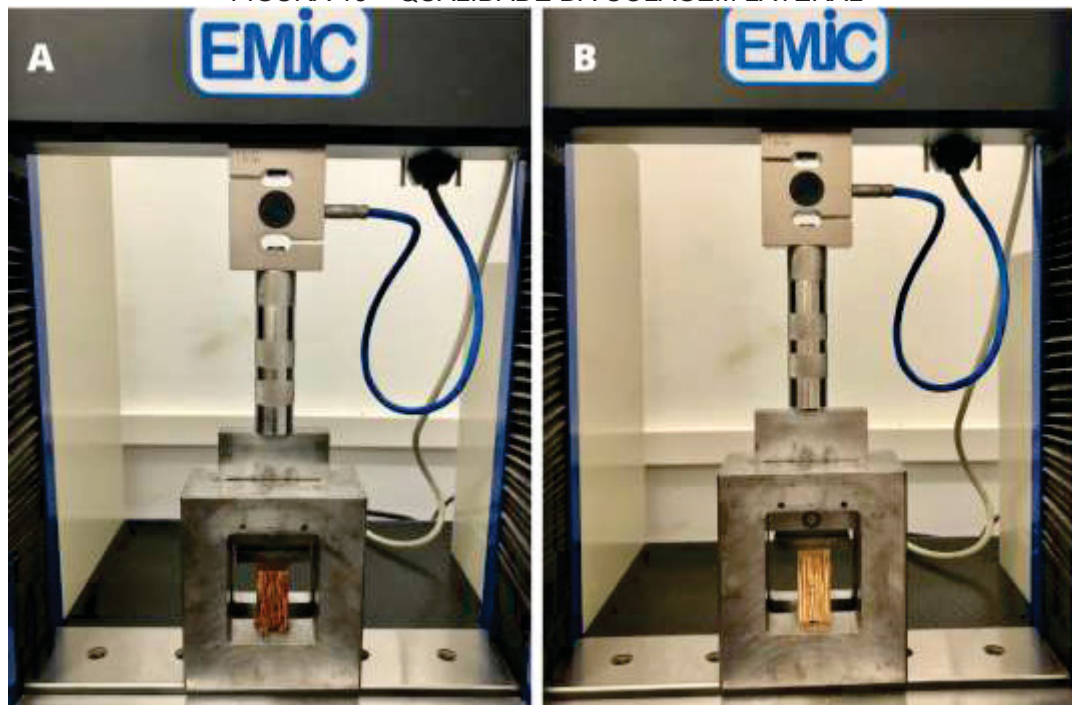
FONTE: ASTM D 5572 (2005).

Quanto a colagem lateral, foram testadas duas condições de umidade. A primeira refere-se ao pré-tratamento em água fria, que visa avaliar a qualidade da colagem para usos internos sem contato com a umidade. Nesse caso, as amostras foram imersas em um tanque com água a temperatura ambiente, por 24 horas, sendo em seguida ensaiadas, conforme estabelece a norma EN 13354 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2009). Na segunda condição, os corpos de prova foram ensaiados na umidade padrão, a 12%, como pré-tratamento a seco (controle).

Desse modo, os ensaios foram conduzidos em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC, equipada com célula de carga de 2 toneladas/20000N (Figura 13). Após os ensaios, os resultados dos tratamentos foram confrontados com os critérios estabelecidos pela norma EN 13353 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2003). Para essa norma, o quinto percentil inferior da resistência no pré-tratamento em água fria não deve

ser menor que 2,5 MPa e a média de falhas na madeira deve ser superior a 40%, exceto quando a madeira apresentar densidade acima de 0,6 g.cm<sup>-3</sup>.

FIGURA 13 – QUALIDADE DA COLAGEM LATERAL



FONTE: A autora (2022).

NOTAS: A – Ensaio em corpo de prova do pré-tratamento em água e fria; B – Ensaio do corpo de prova do pré-tratamento a seco.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados utilizando-se linguagem em R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021). Nas propriedades químicas e físicas das duas espécies, a homogeneidade de variâncias foi analisada pelo teste de Bartlett e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Quando não atenderam o valor de  $p > 0,05$  dos testes, os dados passaram pela transformação de Box-Cox. Em seguida, a comparação de médias ocorreu pelo teste de t-student.

Já para as emendas de topo, os dados foram analisados por meio da Análise Variância (ANOVA) e pelo teste de médias de Tukey. Quando os dados não apresentaram homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett) ou normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk), aplicou-se a transformação de raiz quadrada.

Por último, a análise fatorial das juntas coladas lateralmente também ocorreu por meio da ANOVA e teste de Tukey, através do pacote ExpDes.pt versão 1.2.1. Quando não atendido os pressupostos de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, novamente aplicou-se a transformação de raiz quadrada. A análise seguiu o delineamento fatorial 3x2x2: duas espécies e juntas mistas (*Attalea maripa*, *Attalea speciosa*, e *Attalea maripa* + *Attalea speciosa*), dois adesivos (PVA e EPI) e duas gramaturas (150 e 200 g.m<sup>-2</sup>).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DAS PALMEIRAS

#### 4.1.1 Propriedades químicas

Os valores médios das espécies *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* são apresentados na tabela 5. Na análise da composição química quantitativa, houve diferença estatística entre as espécies para todas as propriedades avaliadas, com exceção da extração etanol-tolueno.

TABELA 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA QUANTITATIVA DAS PALMEIRAS

Espécies	Solubilidade		Extrativos		C (%)	pH	
	AF (%)	AQ (%)	ET (%)	T (%)		2 h	24 h
<i>Attalea maripa</i>	2,94 b (5,28)	3,75 b (4,53)	4,34 ns (4,27)	4,08 b (2,11)	0,39 b (1,81)	4,11 b (0,51)	4,55 b (2,78)
<i>Attalea speciosa</i>	4,25 a (3,51)	6,08 a (2,44)	4,31 ns (3,26)	6,33 a (9,57)	1,08 a (1,82)	4,97 a (0,46)	5,50 a (1,62)

FONTE: A autora (2022).

NOTAS: AF – água fria; AQ – água quente; ET – etanol tolueno; T – extrativos totais; C – cinzas; h – horas. Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais ao nível de probabilidade de 95% para o teste T. Valor entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação em percentual.

A espécie *Attalea speciosa* apresentou 4,25% de extrativos na solubilidade em água fria e 6,08% na solubilidade em água quente. Esses valores foram estatisticamente superiores aos encontrados para *Attalea maripa*: 2,94% de extrativos na solubilidade em água fria e 3,75% na solubilidade em água quente.

A presença de maiores teores de extrativos em água quente em relação a água fria ocorreu devido a temperatura ser um catalisador de reação química e aumentar a eficiência de extração em relação a quantidade (FERREIRA et al., 2015). Entretanto, estes autores explicam que qualitativamente os compostos extraídos são os mesmos. Assim, nota-se que *Attalea speciosa* possui maior quantidade destes componentes, como sais, açúcares simples, polissacarídeos e algumas substâncias fenólicas (FONTE et al., 2017).

Na extração em etanol-tolueno, as espécies *Attalea maripa* (4,34%) e *Attalea speciosa* (4,31%) não apresentaram diferença estatística entre os

valores médios. Nessa análise química, há extração de ceras, gorduras, resinas, fitoesteróis e hidrocarbonetos não-voláteis, além de compostos insolúveis, como carboidratos de baixa massa molecular (MORAIS et al., 2005).

Esses componentes podem migrar para superfície da madeira, formando uma barreira química e impedir a formação da ligação adesiva (HUNT et al., 2018). No entanto, observa-se que os resultados de extração em etanol tolueno são próximos ao teor de extrativos em água quente, o que pode ser um indicativo de que as espécies apresentam mais substâncias simples, solúveis em água, do que resinas e ceras, por exemplo.

Nos extrativos totais, as espécies apresentaram médias estatisticamente diferentes entre si, sendo que *Attalea speciosa* apresentou resultado superior (6,08%) ao de *Attalea maripa* (4,25%). Em relação à madeira, normalmente, espécies de folhosas apresentam de 1% a 5% de extrativos em sua composição, enquanto em coníferas esse valor varia de 2% a 8% (BIERMANN, 1996), o que demonstra que ambas as palmeiras estudadas se enquadram nestas faixas de valores.

De acordo com Santiago et al. (2018), o teor de extrativos é uma propriedade importante para o processo de colagem. Sua presença e quantidade elevada podem afetar negativamente a colagem por inativação da superfície da madeira, bloqueando os locais de reação que impedem a ancoragem dos adesivos (ALBINO et al., 2012).

Nesse contexto, as seguintes consequências podem ser encontradas: ligações adesivas inferiores, devido a incompatibilidade química entre os extrativos e o adesivo, alterações na relação entre a molhabilidade e a permeabilidade do adesivo e modificações das características de cura do adesivo (HSE; KUO, 1988). Dessa forma, é importante salientar que, neste estudo, *Attalea maripa* apresentou menor teor de extrativos.

Quanto aos compostos inorgânicos, a espécie *Attalea speciosa* apresentou 1,08% de cinzas em sua composição e *Attalea maripa* 0,39%, sendo tais valores estatisticamente diferentes. Segundo Albuquerque et al. (2020), para madeira, o conteúdo desses materiais inorgânicos, geralmente, está abaixo de 0,5%. No entanto, na literatura, algumas espécies amazônicas apresentam teores de cinzas mais altos do que o relatado pelos autores acima (ZAU et al., 2014; MASCARENHAS et al., 2021; SANTANA et al., 2007).

Destaca-se ainda que apesar de não afetar diretamente a ligação adesiva, o conteúdo de cinzas pode afetar tanto o pH das espécies como as características de usinabilidade, sendo desejáveis baixos percentuais (ALBUQUERQUE et al., 2020; TRIANOSKI; IWAKIRI, 2020).

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), *Attalea speciosa* apresentou 4,97, após 2 horas e 5,50, após 24 horas. Esses resultados são superiores aos encontrados para *Attalea maripa*, que apresentou 4,11, após 2 horas e 4,55, após 24 horas. Nota-se que a primeira espécie também apresentou maior teor de cinzas (1,08%) e extrativos totais (6,33%), o que pode ter influenciado em valores de pH mais altos. No entanto, ambas as palmeiras se encontram na faixa de 3 a 6 descrita por Albuquerque et al. (2020) para espécies de madeira.

Na literatura, espécies utilizadas para produção EGP, como o *Pinus taeda*, apresentam 2,10% de extrativos em água fria (BORTOLETTO; MORESCHI, 2003) e 4,10% de extrativos em água quente (MATTOS et al., 2016). Em relação aos resultados obtidos neste estudo, observa-se que a *Attalea speciosa* apresentou maior quantidade de extrativos em água fria e água quente que a espécie citada.

A madeira de *P. taeda* também apresenta 6,00% de extrativos em etanol tolueno (MATTOS et al., 2016) e 4,85% de extrativos totais (LAU, 2017). Em comparação aos extrativos em etanol tolueno, ambas as palmeiras estudadas apresentaram resultados inferiores. Entretanto, para extrativos totais, a espécie *Attalea speciosa* apresentou maior percentual que o *P. taeda*.

Na composição inorgânica, a espécie *P. taeda* apresentou 0,40% de teor de cinzas (MATTOS et al., 2016), enquanto para o pH após 2 horas e 24 horas, apresentou 4,73 e 4,75, respectivamente. Em relação a composição inorgânica das espécies avaliadas, *Attalea maripa* apresentou teor de cinzas bem próximo ao *P. taeda*. Já em relação ao pH, as espécies de palmeiras apresentaram valores inferiores após 2 horas, mas superiores após 24 horas.

Dentre as folhosas, *Tectona grandis* também é utilizada para produção de EGP. Essa espécie apresentou 3,61% de extrativos em água fria e 4,97% em água quente (FONTE; TRIANOSKI, 2015). Em comparação aos resultados desta espécie, a *Attalea speciosa* apresentou resultados superiores em ambas as propriedades. Além disso, a madeira de *T. grandis* apresenta ainda 5,25% de extrativos em etanol tolueno e 10,38% de extrativos totais (FONTE; TRIANOSKI,

2015), sendo ambos os resultados superiores aos encontrados para as palmeiras avaliadas.

No teor de cinzas, a espécie *T. grandis* apresenta 0,49% (FONTE; TRIANOSKI, 2015). Já para o pH, as autoras encontram uma média de 4,74. O resultado de teor de cinzas desta espécie foi próximo ao de *Attalea maripa*. No entanto, em relação ao pH, as palmeiras apresentaram resultados inferiores após 2 horas e superiores após 24 horas.

Outras angiospermas utilizadas na produção de EGP são do gênero *Eucalyptus*. Em comparação aos resultados obtidos por Sharma et al. (2011) para *E. grandis* (extrativos em água fria: 2,10%; extrativos em água quente: 4,59% e cinzas: 0,72%), a espécie *Attalea speciosa* apresentou percentuais mais altos que a espécie citada.

Além dessas espécies, pode-se comparar os resultados obtidos com outra monocotiledônea que já é bastante difundida na indústria, o bambu. Espécies como *Dendrocalamus giganteus*, estudada por Marinho et al. (2012), apresentam os seguintes valores médios: 7,16% de extrativos em água fria; 9,21% em água quente; 7,41% em etanol tolueno; 10,04% em extrativos totais e 0,79% de teor de cinzas. Tais resultados são superiores aos encontrados para as palmeiras avaliadas neste estudo.

Quando comparadas às espécies da mesma família, as palmeiras estudadas obtiveram resultados inferiores. Como exemplo, no caso da palmeira do dendê (*Elaeis guineenses*), que apresentou valores médios mais altos para água quente: 17,12%, etanol tolueno: 12,50% e cinzas: 2,18% (AHMAD et al., 2018). Da mesma forma para a palmeira *Phoenix dactylifera* (tamareira), que obteve 25,15% de extrativos totais em sua composição (NASSER et al., 2016).

#### 4.1.2 Propriedades físicas

As espécies *Attalea maripa* (0,63 g.cm<sup>-3</sup>) e *Attalea speciosa* (0,59 g.cm<sup>-3</sup>) apresentaram densidade aparente relativamente próximas (Tabela 6). Além disso, apesar da variação entre os valores mínimos e máximos, o coeficiente de variação das espécies pode ser considerado baixo.

TABELA 6 – DENSIDADE APARENTE DAS PALMEIRAS

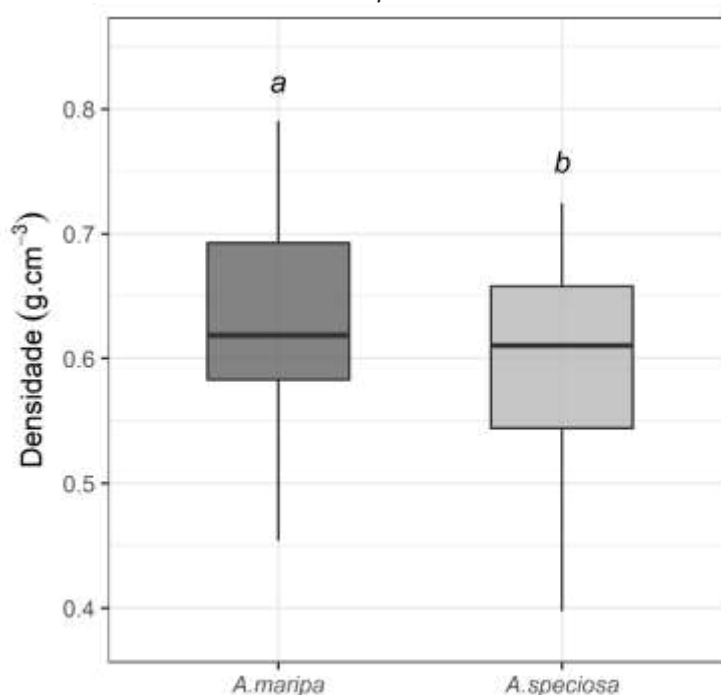
	<i>Attalea maripa</i>	<i>Attalea speciosa</i>
Média (g.cm <sup>-3</sup> )	0,63	0,59
Mínimo (g.cm <sup>-3</sup> )	0,45	0,40
Máximo (g.cm <sup>-3</sup> )	0,79	0,72
CV(%)	11,32	12,80

FONTE: A autora (2022).

NOTAS: CV: coeficiente de variação.

Quanto a análise estatística (Figura 14), a média da densidade aparente (12% de umidade) de *Attalea maripa* mostrou-se estatisticamente superior à da espécie *Attalea speciosa*. Apesar da diferença estatística, a densidade das espécies foi considerada intermediária, segundo a classificação de Nascimento et al. (2013). Para os autores, a densidade da madeira é baixa quando inferior a 0,55 g. cm<sup>-3</sup>, média entre 0,55 e 0,75 g. cm<sup>-3</sup> e alta quando superior à 0,75 g. cm<sup>-3</sup>.

FIGURA 14 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE APARENTE DE *Attalea maripa* E *Attalea speciosa*



FONTE: A autora (2022).

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de T ( $p < 0,05$ ).

Dessa forma, é possível inferir que, por pertencerem a classe intermediária, serão relativamente fáceis de serem coladas, pois, em tese, a

mobilidade do adesivo se torna mais fácil, permitindo maior ancoragem (CAMPELO et al., 2017). Além disso, outro ponto positivo é que, normalmente, a resistência da ligação adesiva é maior na madeira até a faixa de 0,7 a 0,8 g.cm<sup>-3</sup> de densidade (teor de umidade de 12%) (VICK, 1999).

Essa relação entre a densidade da madeira e os processos de colagem é bastante difundida na literatura. Autores como Frihart e Hunt (2010) explicam que madeiras de alta densidade não são consideradas ideais para colagem, pois apresentam baixa permeabilidade, dificultando a penetração do adesivo. Por esse motivo, madeiras de baixa ou média densidade mostram-se mais adequadas, sendo esse um aspecto positivo para o lenho das palmeiras estudadas.

Em relação as espécies mais utilizadas para painéis EGP, o *P. taeda* apresenta densidade aparente de 0,50 g.cm<sup>-3</sup> (TRIANOSKI et al., 2013), assim como o *E. grandis* (SETTE JR et al., 2014), enquanto *T. grandis* apresenta densidade de 0,61 g.cm<sup>-3</sup> (BONDUELLE et al., 2015), sendo consideradas madeiras de média densidade. Dessa forma, comparando com a densidade das espécies citadas acima, pode-se observar que, tanto *Attalea maripa* como *Attalea speciosa* apresentaram valores próximos.

Quanto as espécies de bambus, *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* mostraram-se menos densas. Por exemplo, comparadas aos bambus pesquisados por Akinbade et al. (2019), tais como *Phyllostachy edulis* (0,90 g.cm<sup>-3</sup>), *P. bambusoides* (0,82 g.cm<sup>-3</sup>), *P. nigra* (0,91 g.cm<sup>-3</sup>) e *P. meyeri* (0,84 g.cm<sup>-3</sup>), o lenho das palmeiras apresentou densidade inferior.

Em comparação com a densidade de outras palmeiras, notou-se que as espécies estudadas foram superiores ao dendê (*Elaeis guineenses*), que apresentou densidade de 0,30 g.cm<sup>-3</sup> (Szymona et al., 2014). No entanto, no que se refere ao açazeiro (*Euterpe oleracea*), com densidade aparente de 0,88 g.cm<sup>-3</sup> (BALBONI et al., 2019) e ao coqueiro (*Cocos nucifera*), com densidade de 0,76 g.cm<sup>-3</sup> (FATHI; FRÜHWALD, 2014), as espécies foram menos densas.

Na tabela 7 são apresentados os resultados obtidos para as demais propriedades físicas das palmeiras *Attalea maripa* e *Attalea speciosa*. De modo geral, as espécies apresentaram valores mínimos e máximos bem próximos em todas as propriedades avaliadas, assim como coeficientes de variação baixos.

TABELA 7 – RESULTADOS DE CONTRAÇÃO E COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DAS PALMEIRAS

	<i>Attalea maripa</i>					<i>Attalea speciosa</i>				
	$\beta_{tang}$ (%)	$\beta_{rad}$ (%)	$\beta_{long}$ (%)	$\beta_{vol}$ (%)	Ac	$\beta_{tang}$ (%)	$\beta_{rad}$ (%)	$\beta_{long}$ (%)	$\beta_{vol}$ (%)	Ac
Média	5,22	5,52	0,22	11,93	1,05	5,14	5,44	0,10	11,60	1,06
Mínimo	4,92	5,01	0,14	11,31	0,88	4,55	4,34	0,03	10,01	0,87
Máximo	5,67	6,04	0,38	12,56	1,18	5,93	6,33	0,23	13,25	1,23
CV%	4,52	6,02	26,12	3,65	8,6	6,84	11,31	35,08	8,47	9,77

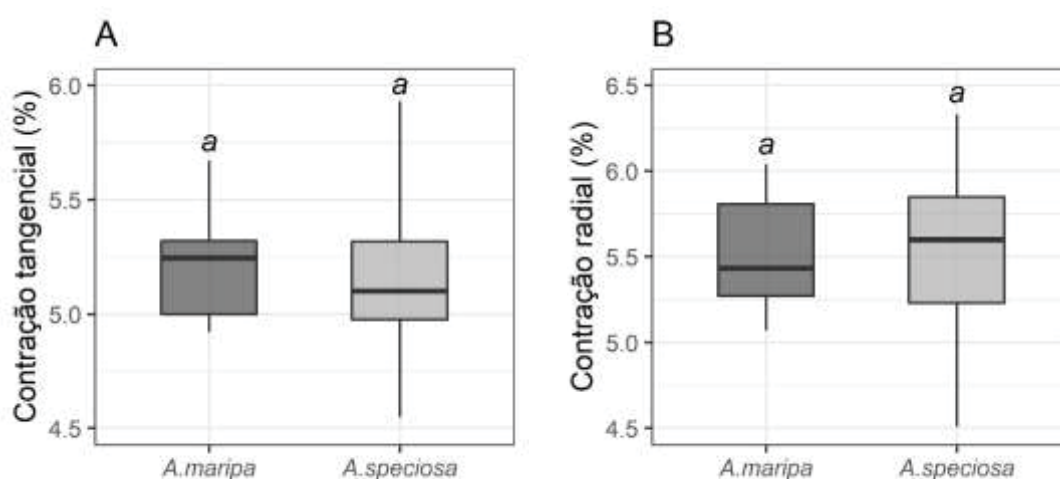
FONTE: A autora (2022).

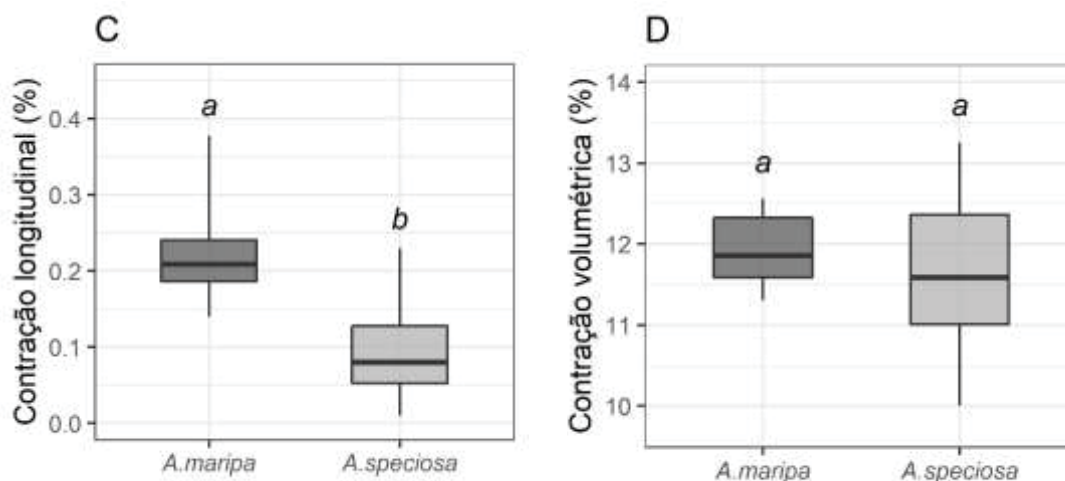
NOTAS:  $\beta_{tang}$ : Contração tangencial;  $\beta_{rad}$ : Contração radial ;  $\beta_{long}$ : Contração longitudinal;  $\beta_{vol}$ : Contração volumétrica; Ac: Anisotropia de contração.

Observa-se que dentre as propriedades físicas avaliadas, a contração longitudinal apresentou maior amplitude nos dados e maior coeficiente de variação. No entanto, esses resultados podem estar atrelados ao fato de que as contrações nessa direção apresentaram valores muito pequenos, de forma que o equipamento de mensuração não teve a precisão necessária para medi-las.

Na figura 15, são apresentados os resultados obtidos na análise estatística para as contrações tangencial, radial, longitudinal e volumétrica das espécies estudadas. Em todas essas propriedades, as espécies apresentaram valores estatisticamente iguais, a exceção da contração longitudinal, em que *Attalea maripa* apresentou média (0,22%) estatisticamente superior à *Attalea speciosa* (0,10%).

FIGURA 15 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CONTRAÇÕES TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL E VOLUMÉTRICA DE *Attalea maripa* E *Attalea speciosa*





FONTE: A autora (2022).

NOTAS: A – Contração tangencial; B – Contração radial; C – Contração longitudinal e D – Contração volumétrica. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de T ( $p < 0,05$ ).

Tanto a contração tangencial como a radial de *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* foi em torno de 5%. Com base nesses resultados, é possível observar que não há grandes diferenças nas contrações transversais (tangencial e radial) das espécies. Esse comportamento é o oposto ao que é comumente encontrado em trabalhos com espécies madeireiras, em que a contração tangencial é significativamente maior que a radial (JUÍZO et al., 2015; BONDUELLE et al., 2015; ROCHA et al., 2016; GALLIO et al., 2016).

No entanto, ainda no tocante a esses resultados, é importante destacar que as espécies de palmeiras não apresentam anéis de crescimento e células radiais como as árvores. Portanto, esse comportamento distinto encontrado pode estar atrelado às peculiaridades anatômicas existentes no lenho das palmeiras e na madeira.

Além disso, salienta-se que a maior densidade encontrada para *Attalea maripa* não resultou em contrações tangenciais e radiais estatisticamente superiores à *Attalea speciosa*. Para a madeira, normalmente, as contrações transversais são maiores, conforme a densidade aumenta e essa relação é influenciada pela microestrutura anatômica da madeira (Schulgasser e Witzum, 2015). Nesse sentido, a estrutura anatômica das palmeiras possivelmente pode estar relacionada a essa semelhança nas contrações transversais. Esses resultados também são importantes para o processamento do material, pois

contrações transversais próximas indicam menores problemas de secagem, como empenamentos.

Em comparação aos resultados obtidos para as palmeiras, as espécies utilizadas para EGP apresentam maior contração tangencial. Por exemplo, *P. taeda* (TRIANOSKI et al., 2013) e *E. grandis* (LOPES et al., 2011) apresentam, respectivamente, 5,44% e 8,02%. A única exceção foi a espécie *T. grandis*, que apresenta 4,21% nessa propriedade.

Por outro lado, na contração radial, as espécies utilizadas para EGP apresentam menor contração que as palmeiras estudadas. A espécie *P. taeda* apresenta 3,38% (TRIANOSKI et al., 2013), o *E. grandis* 4,49% (LOPES et al., 2011) e a *T. grandis* 1,88% (BONDUELLE et al., 2015). No entanto, isso ocorreu em virtude das similaridades das contrações tangencial e radial nas palmeiras e a diferença de como essas contrações ocorrem para madeira.

Na contração longitudinal, as espécies de palmeiras apresentam menor percentual que o *E. urograndis*, que obteve 1,09% (MEDEIROS et al., 2016) e a *T. grandis* com 0,34% (BONDUELLE et al., 2015). Entretanto, de acordo com Melo (2013), as alterações que ocorrem no plano longitudinal geralmente são mínimas, não interferindo no uso da madeira.

Quanto as contrações volumétricas, as espécies estudadas apresentaram valores superiores aos apresentados por Trianoski et al. (2013) para *P. taeda* (10,64%) e por Bonduelle et al. (2015) para *T. grandis* (6,31%). Todavia, as espécies do gênero *Eucalyptus*, como *E. grandis* (16,34%), e *E. urograndis* (15,05%), estudadas por Lopes et al. (2011) e Medeiros et al. (2016), respectivamente, apresentaram contrações volumétricas superiores às encontradas para as palmeiras.

Eleotério et al. (2015) classificaram as contrações para a madeira e, com base no proposto pelos autores, as palmeiras estudadas mostraram baixas contrações tangenciais (abaixo de 7,43%) e volumétricas (abaixo de 12,32%), bem como contração radial intermediária (entre 3,52% e 5,59%).

Em comparação ao bambu, as palmeiras apresentaram valores inferiores à *Bambusa vulgaris*, que apresenta 11,15%, 6,93%, 0,73% e 1,61% para contrações tangencial, radial, longitudinal e para o coeficiente de anisotropia, respectivamente (GUIMARÃES JR. et al., 2013). No entanto, em relação ao *Dendrocalamus strictus*, que apresentou 3,30% na contração

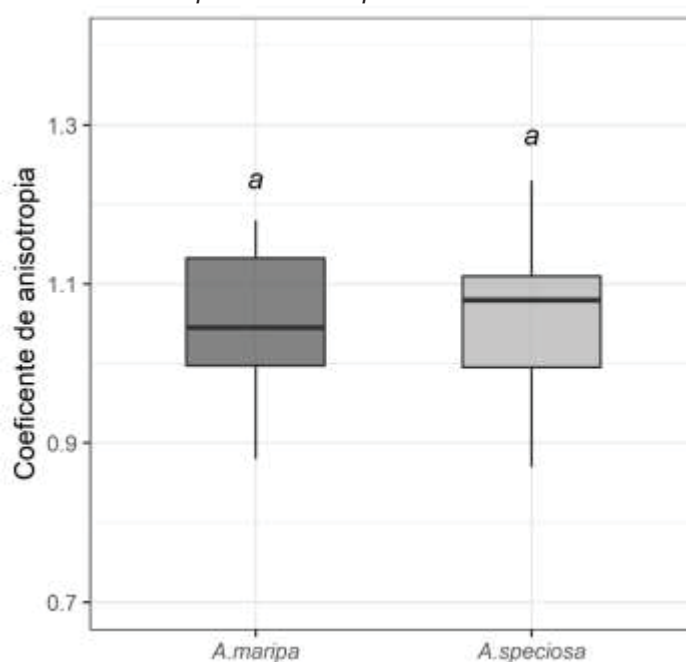
tangencial e 3,10% na contração radial (AHMAD; KAMKE, 2005), *Attalea maripa* e *Attalea speciosa* apresentaram médias superiores.

Para o processo de colagem, as propriedades de contração são importantes, pois podem promover deformações no painel, em consequência da variação da umidade, além de gerar tensões na linha de cola (IWAKIRI; TRIANOSKI, 2020). À medida que a madeira incha ou contrai, os adesivos não seguem a mesma expansão volumétrica, ocasionando uma tensão significativa entre a madeira e o adesivo (JAKES et al., 2017).

Outra propriedade que ajuda a definir a qualidade do material é a anisotropia de contração. Neste estudo, as espécies *Attalea maripa* (1,05) e *Attalea speciosa* (1,06) apresentaram médias estatisticamente iguais (Figura 16).

Essa propriedade mostra quão propícia a madeira é para fendilhamentos ou empenamentos, de forma que, quanto maior esse valor, mais favorável a defeitos de secagem (MIRANDA et al., 2012). Dessa forma, pode-se considerar que os materiais das palmeiras apresentaram alta estabilidade dimensional, resultado que já era esperado devido à similaridade das contrações tangenciais e radiais.

FIGURA 16 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DE *Attalea maripa* E *Attalea speciosa*



FONTE: A autora (2022).

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de T ( $p < 0,05$ ).

As espécies deste estudo mostraram-se mais estáveis que as madeiras tradicionalmente utilizadas para EGP, como o *P. taeda*, que apresenta coeficiente de anisotropia de 2,20 (TRIANOSKI et al., 2013) e *T. grandis* com 2,27 (BONDUELLE et al., 2015). Além disso, também foram mais estáveis que espécies do gênero *Eucalyptus*, como o *E. urophylla* (1,10) estudado por Andrade et al. (2018) e o *E. urograndis* (2,03) estudado por Medeiros et al. (2016).

Por fim, é importante destacar que muito embora sejam feitas comparações entre o desempenho do lenho das palmeiras com as espécies madeireiras, esses grupos têm elementos anatômicos diferentes, os quais influenciam diretamente em suas propriedades físicas. Portanto, as comparações servem para nortear se os resultados obtidos na pesquisa são condizentes com as espécies comerciais, mas sendo totalmente aceitável comportamentos diferentes.

## 4.2 RESISTÊNCIA DAS EMENDAS DE TOPO E JUNTAS COLADAS

### 4.2.1 Resistência das emendas de topo – *finger joint*

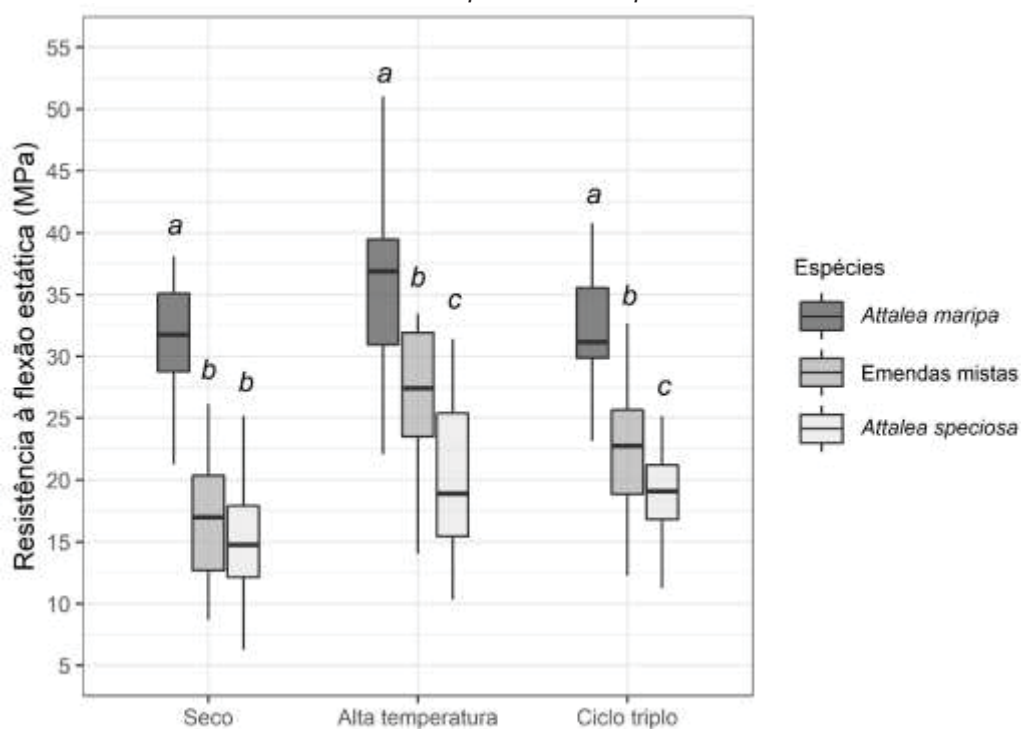
Após todos os pré-tratamentos, a espécie *Attalea speciosa* demonstrou menores valores de resistência para a flexão estática e tração em relação à *Attalea maripa*. Destaca-se, ainda, que os tratamentos avaliados apresentaram altos coeficientes de variação em todos os ensaios, principalmente na resistência à tração (Tabela 8).

TABELA 8 – RESULTADOS DE FLEXÃO ESTÁTICA E TRAÇÃO DAS EMENDAS DE TOPO

Pré-tratamentos		Flexão estática Média (MPa)	Tração Média (MPa)
Seco	<i>Attalea maripa</i>	31,30 (15,08)	14,07 (42,00)
	<i>Attalea speciosa</i>	15,33 (32,54)	8,30 (40,48)
	Emendas mistas	16,92 (28,96)	11,99 (27,23)
Alta temperatura	<i>Attalea maripa</i>	35,94 (20,29)	15,22 (36,66)
	<i>Attalea speciosa</i>	20,62 (32,03)	11,01 (38,73)
	Emendas mistas	26,53 (22,42)	12,67 (36,24)
Ciclo triplo	<i>Attalea maripa</i>	31,70 (15,68)	15,95 (30,03)
	<i>Attalea speciosa</i>	18,47 (21,23)	9,70 (37,19)
	Emendas mistas	22,34 (23,15)	12,98 (29,70)

NOTA: Valores em parêntese referem-se ao coeficiente de variação em percentual.

Para o ensaio de flexão estática, as médias foram estatisticamente diferentes após o pré-tratamento a seco (Figura 17). Os resultados das emendas de topo coladas com *Attalea maripa* (31,70 MPa) foram superiores aos encontrados para as emendas coladas com *Attalea speciosa* (15,53 MPa) e emendas mistas (*Attalea maripa* + *Attalea speciosa*) (18,51 MPa).

FIGURA 17 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE FLEXÃO ESTÁTICA DE *Attalea maripa* E *Attalea speciosa*

FONTE: A autora (2022).

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Segundo a normativa americana ASTM D 5572-95 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005), as amostras devem atingir no mínimo 13,8 MPa de resistência nessa condição. Observa-se que esse valor foi alcançado para todos os tratamentos avaliados.

Nota-se ainda, que os tratamentos com *Attalea speciosa* e com emendas mistas fazem parte do mesmo grupo estatístico após pré-tratamento a seco. Esse comportamento pode estar relacionado ao desempenho inferior obtido por emendas de topo coladas com *Attalea speciosa* em comparação às coladas com *Attalea maripa*, que possivelmente influenciou negativamente a resistência do tratamento formado pela união das duas espécies.

Após o pré-tratamento de alta temperatura, cada tratamento formou grupos estatísticos distintos. As emendas de topo coladas com *Attalea maripa* foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos (Figura 17). Cabe enfatizar que a norma ASTM D 5572-95 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005) não estabelece um valor de referência para resistência nessa condição.

Observa-se que esse pré-tratamento proporcionou maiores valores de resistência em comparação ao seco. Esses resultados foram similares aos obtidos por Prata (2010) para algumas espécies do gênero *Pinus*, que afirma que o ganho em resistência nesse pré-tratamento pode ocorrer devido a melhor ancoragem do adesivo. Entretanto, o inverso foi encontrado por outros estudos, como o de Bila (2020) para *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora* e o de Iwakiri et al. (2021) para *Eucalyptus badjensis*.

Os resultados após o ciclo triplo, demonstram que as emendas de topo coladas com a espécie *Attalea maripa* foram estatisticamente superiores (31,70 MPa) às emendas coladas com *Attalea speciosa* (18,52 MPa) e ao tratamento de emendas mistas (22,53 MPa). Apesar da diferença estatística, todos os tratamentos atenderam a exigência da norma ASTM D 5572-95 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005) de 6,9 MPa.

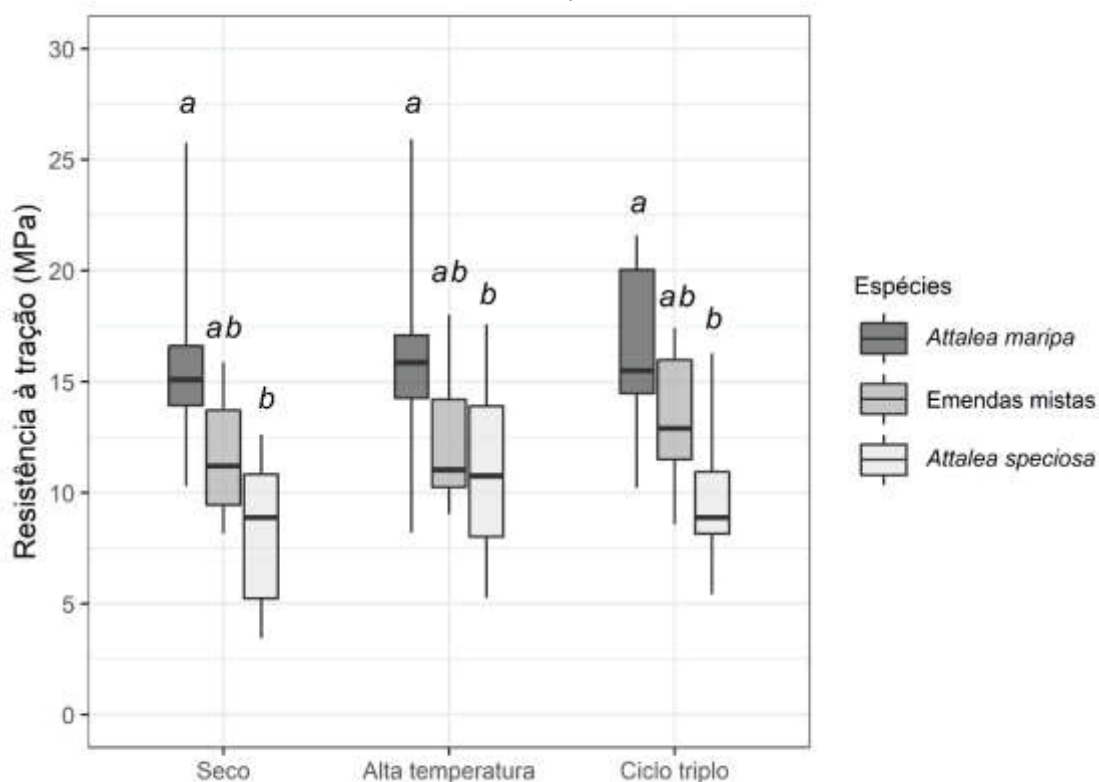
Em estudos acerca da resistência do *Pinus taeda*, Lau (2017) obteve resultados de 28,53 MPa, 14,05 MPa e 7,39 MPa após às condições seco, alta temperatura e ciclo triplo, respectivamente. Esses resultados foram inferiores aos obtidos pelas emendas de topo da espécie *Attalea maripa* em todas as

condições. Já as emendas de topo envolvendo a espécie *Attalea speciosa* e as emendas mistas demonstraram resistências superiores ao *P. taeda* apenas nas condições de alta temperatura e ciclo triplo.

Por outro lado, os tratamentos avaliados nesta pesquisa foram inferiores aos resultados obtidos por Iwakiri et al. (2021) na flexão estática com *Eucalyptus badjensis*, o qual apresentou valores médios de 48,89 MPa, 41,31 MPa e 11,44 MPa nas condições seco, alta temperatura e ciclo triplo, respectivamente.

Quanto ao ensaio de tração após o pré-tratamento a seco (Figura 18), as emendas de topo coladas com *Attalea maripa* apresentaram 15,12 MPa de resistência, sendo estatisticamente igual ao obtido pelas de emendas mistas (*Attalea maripa* + *Attalea speciosa*) nessa condição (11,63 MPa). Todavia, apenas a resistência à tração das emendas de topo com *Attalea maripa* alcançaram o valor mínimo de 13,8 MPa exigido pela norma ASTM D 5572-95 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005)

FIGURA 18 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DE TRAÇÃO DE *Attalea maripa* E *Attalea speciosa*

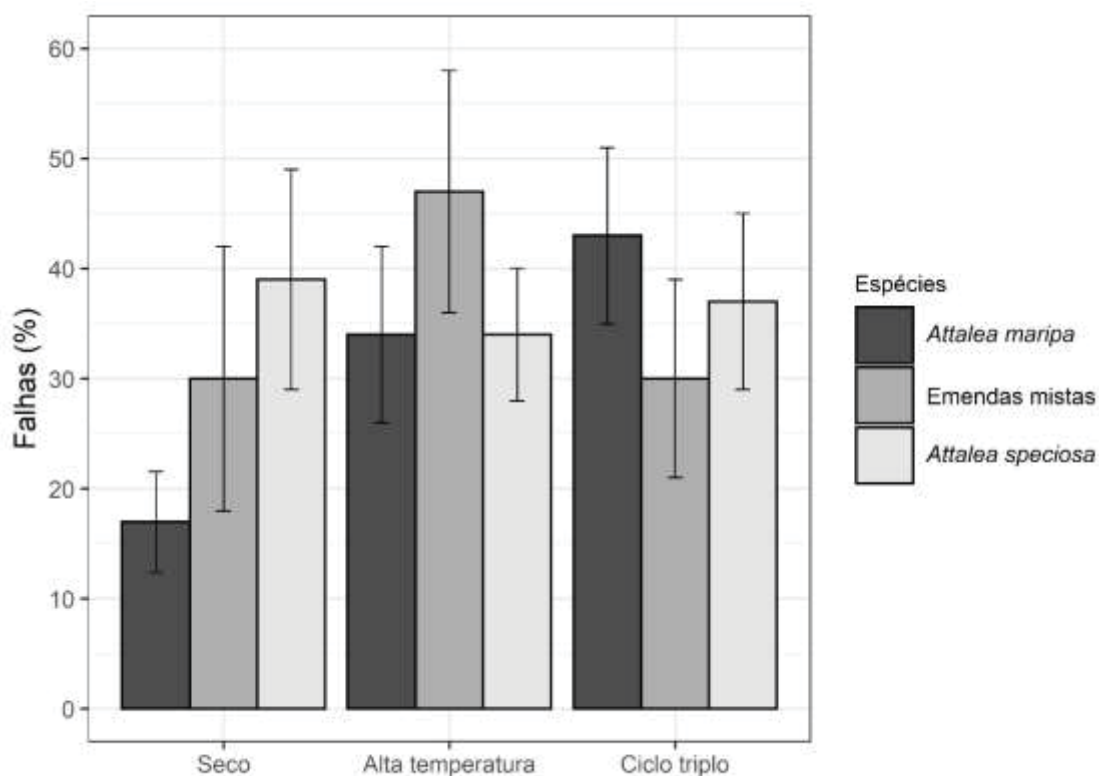


FONTE: A autora (2022).

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a porcentagem de falhas no lenho das palmeiras, a média de *Attalea maripa* foi 17% (Figura 19), menor que o mínimo exigido para coníferas (60%) e folhosas (30%) após o pré-tratamento a seco, segundo a norma acima citada. Entretanto, quando a porcentagem de falhas no lenho foi baixa, as amostras alcançaram o mínimo de resistência. Já as emendas coladas com a espécie *Attalea speciosa* e o tratamento de emendas mistas apresentaram falhas no lenho de 38% e 30%, respectivamente, alcançando o mínimo estabelecido para folhosas.

FIGURA 19 – PORCENTAGEM DE FALHAS NO LENHO DE *Attalea maripa* E *Attalea speciosa*.



FONTE: A autora (2022).

Os resultados dos ensaios de tração demonstraram que as emendas de topo coladas com a espécie *Attalea maripa* (16,17 MPa) foram estatisticamente superiores às emendas coladas com *Attalea speciosa* (10,92 MPa) após o pré-tratamento à alta temperatura. Contudo, foram iguais ao tratamento de emendas mistas (12,46 MPa) (Figura 18).

Destaca-se, ainda, que todos os tratamentos alcançaram o mínimo de 6,9 MPa exigido pela ASTM D 5572-95 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2005). Cabe enfatizar que a norma não especifica o valor de falhas na madeira que deve ser obtido no pré-tratamento à alta temperatura, mas todos os tratamentos alcançaram falhas superiores a 30% sob essa condição (Figura 19).

Nos resultados após o ciclo triplo, a resistência das emendas de topo coladas com *Attalea maripa* (16,87 MPa) foram superiores aos resultados obtidos pelas emendas coladas *Attalea speciosa* (9,77 MPa) e iguais ao tratamento de emendas mistas (13,36 MPa). O valor de referência de 6,9 MPa estabelecido pela norma acima também foi alcançado, assim como o mínimo de falhas estabelecido para coníferas (30%) e para folhosas (15%), conforme mostra a figura 19.

O bom desempenho de *Attalea maripa* nesses ensaios pode estar relacionado à sua densidade e ao menor teor de extrativos encontrado. Autores como Vick (1999) afirmam que a força das ligações adesivas à madeira aumenta com a densidade, mas isso ocorre apenas até uma faixa de 0,7 a 0,8 g.cm<sup>-3</sup>. Dessa forma, o melhor desempenho na colagem de *Attalea maripa* é atribuído a sua maior densidade. Além disso, a menor quantidade de extrativos apresentada por essa espécie também pode ter contribuído, visto que os extrativos podem ser prejudiciais para colagem quando em grandes quantidades (ALBINO et al., 2012).

Vale destacar, ainda, que o desempenho do tratamento de emendas mistas pode novamente ter sido afetado negativamente por *Attalea speciosa*, pois essa espécie apresentou resultados estatisticamente inferiores à *Attalea maripa* após todas as condições testadas.

Em relação aos dados apresentados na literatura, os tratamentos avaliados demonstraram resultados inferiores aos obtidos para o *P. taeda* no ensaio de tração após o pré-tratamento a seco, o qual obteve resistência de 20,79 MPa (LAU, 2017). Por outro lado, os resultados do *P. taeda* foram de 9,71 MPa após o pré-tratamento de alta temperatura e 12,02 MPa após o ciclo triplo, sendo inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

Comparados aos resultados encontrados por Iwakiri et al. (2021) para o *Eucalyptus badjensis*, o qual apresentou valores médios de 26,78 MPa após o

pré-tratamento a seco, 24,85 MPa após alta temperatura e 19,88 MPa após ciclo triplo, todos os tratamentos avaliados na tração foram inferiores ao encontrado pelos autores.

Por fim, nota-se que o lenho das palmeiras estudadas apresentou bons resultados, atendendo aos requisitos da norma para produção de emendas de topo para uso interno. Destaca-se especialmente *Attalea maripa*, que mostrou um bom desempenho na colagem das emendas de topo em todas as condições as quais foi exposta.

#### 4.2.2 Resistência das juntas coladas

Na tabela 9 são apresentados os resultados médios da resistência ao cisalhamento dos tratamentos avaliados após o pré-tratamento a seco (12% de umidade) e o pré-tratamento em água fria. Além desses resultados, são apresentados os percentuais de falhas do lenho das palmeiras e o quinto percentil inferior.

TABELA 9 – RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS NO ENSAIO DE CISALHAMENTO

Espécies	Adesivo x (g.m <sup>-2</sup> )	Seco			Água fria		
		Resistência (MPa)	FM (%)	5º percentil (MPa)	Resistência (MPa)	FM (%)	5º percentil (MPa)
<i>Attalea maripa</i>	PVA + 150	4,50 (24,34)	72	<b>3,12</b>	1,35 (46,76)	16	0,68
	PVA + 200	3,81 (17,64)	52	<b>2,90</b>	1,15 (54,85)	25	0,57
	EPI + 150	4,67 (15,14)	70	<b>3,74</b>	3,14 (16,38)	66	<b>2,54</b>
	EPI + 200	4,84 (25,60)	78	<b>3,40</b>	3,10 (15,03)	65	<b>2,53</b>
<i>Attalea speciosa</i>	PVA + 150	2,63 (35,31)	72	1,69	0,65 (40,46)	8	0,35
	PVA + 200	2,92 (16,57)	51	2,3	0,65 (31,02)	7	0,42
	EPI + 150	3,17 (29,88)	80	2,19	1,67 (48,26)	80	0,9
	EPI + 200	3,27 (21,88)	76	2,41	1,94 (33,03)	72	1,12
Juntas mistas	PVA + 150	2,53 (31,67)	69	1,98	0,56 (20,91)	5	0,42
	PVA + 200	3,03 (22,48)	48	2,05	0,63 (48,30)	5	0,33
	EPI + 150	3,80 (39,96)	87	2,28	2,41 (29,48)	68	1,57
	EPI + 200	4,20 (15,90)	86	<b>3,31</b>	2,73 (10,51)	59	<b>2,51</b>

FONTE: A autora (2022).

NOTA: FM: Falhas na madeira. Valores em negrito atenderam os requisitos da norma EN 13353(2003) e valores em parêntese referem-se ao coeficiente de variação em percentual.

Na condição de controle (seco), a resistência variou de 2,53 MPa a 4,84 MPa. Esses resultados correspondem, respectivamente, aos tratamentos com a

espécie *Attalea maripa* colada com EPI na maior gramatura testada e as juntas mistas (*Attalea maripa* + *Attalea speciosa*) coladas com o adesivo PVA com gramatura de 150 g.m<sup>-2</sup>.

Em relação ao 5º percentil inferior, a norma EN 13353 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2003) estabelece que a resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento não deve ser inferior a 2,5 MPa. Os tratamentos que alcançaram esse valor no pré-tratamento a seco foram: *Attalea maripa* com ambos os adesivos e gramaturas, e o tratamento de juntas mistas com o adesivo EPI e gramatura de 200 g.m<sup>-2</sup>.

Quanto a porcentagem de falhas no lenho, independente da densidade, todos os tratamentos testados alcançaram o valor mínimo estabelecido pela norma acima citada para madeiras com densidade inferior a 0,6 g.cm<sup>-3</sup> (40%), incluindo os que não alcançaram o valor mínimo de 2,5 MPa no 5º percentil inferior.

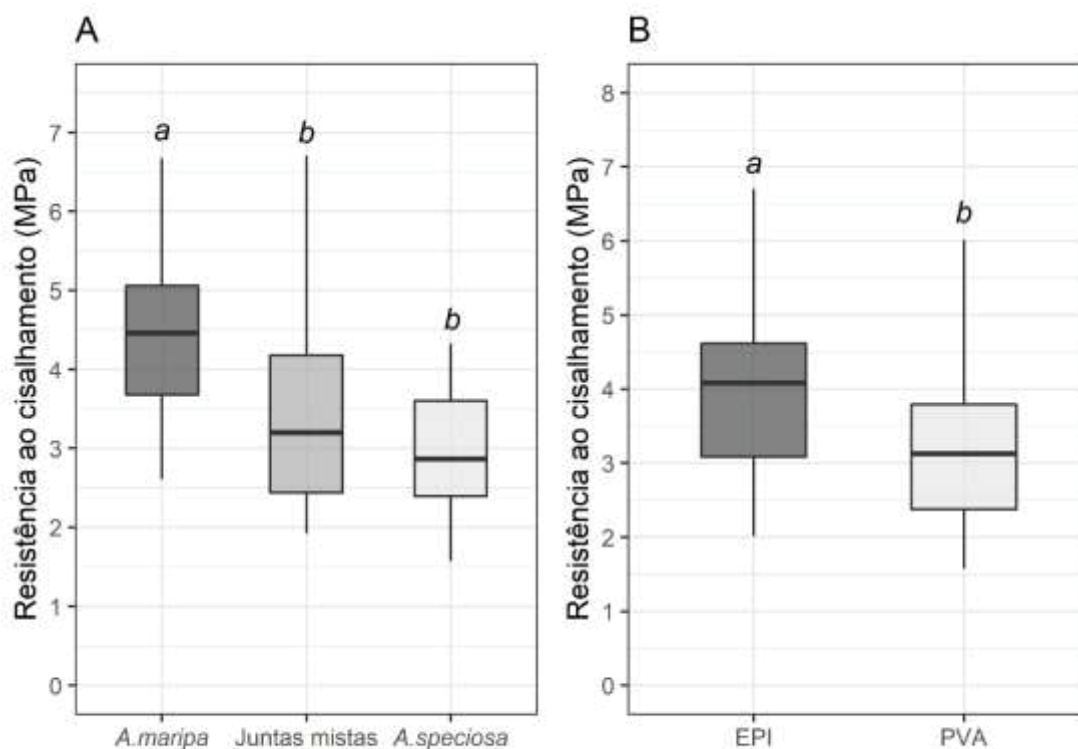
Na condição úmida, a resistência variou de 0,56 MPa a 3,14 MPa. Tais resultados correspondem, respectivamente, aos tratamentos de *Attalea maripa* colada com EPI com gramatura de 150 g.m<sup>-2</sup> e juntas mistas coladas com o adesivo PVA, também com gramatura de 150 g.m<sup>-2</sup>.

No 5º percentil inferior, apenas três tratamentos alcançaram o mínimo de 2,5 MPa da norma EN 13353 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2003), sendo eles: os tratamentos de *Attalea maripa* colada com EPI nas duas gramaturas testadas e o tratamento de juntas mistas com o adesivo EPI com gramatura de 200 g.m<sup>-2</sup>. A mesma norma determina que a média de falhas na madeira também deve ser superior a 40% quando sua densidade for inferior 0,6 g.cm<sup>-3</sup>, fato que ocorreu nos tratamentos acima citados.

Quanto a análise estatística dos resultados de colagem lateral, não houve interação entre os três fatores estudados: espécie/juntas mistas, adesivo e gramatura, tanto no pré-tratamento a seco, quanto em água fria. No pré-tratamento a seco, a resistência foi influenciada apenas pelos fatores espécie e adesivo, mas de forma independente. Já em água fria, houve interação entre dois fatores: espécie/juntas mistas e adesivo. Por fim, em ambas as condições, o fator gramatura não teve interações significativas com outros fatores ou de forma independente.

Na figura 20 são apresentadas as análises estatísticas para o pré-tratamento a seco. Para o fator espécie, *Attalea maripa* foi estatisticamente superior à *Attalea speciosa* e juntas mistas (Figura 20 A). Já para o fator adesivo, o EPI foi estatisticamente superior ao PVA (Figura 20 B).

FIGURA 20 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO EFEITO SIMPLES DO FATOR ESPÉCIE (A) E DO FATOR ADESIVO (B) NO PRÉ-TRATAMENTO SECO



FONTE: A autora (2022).

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

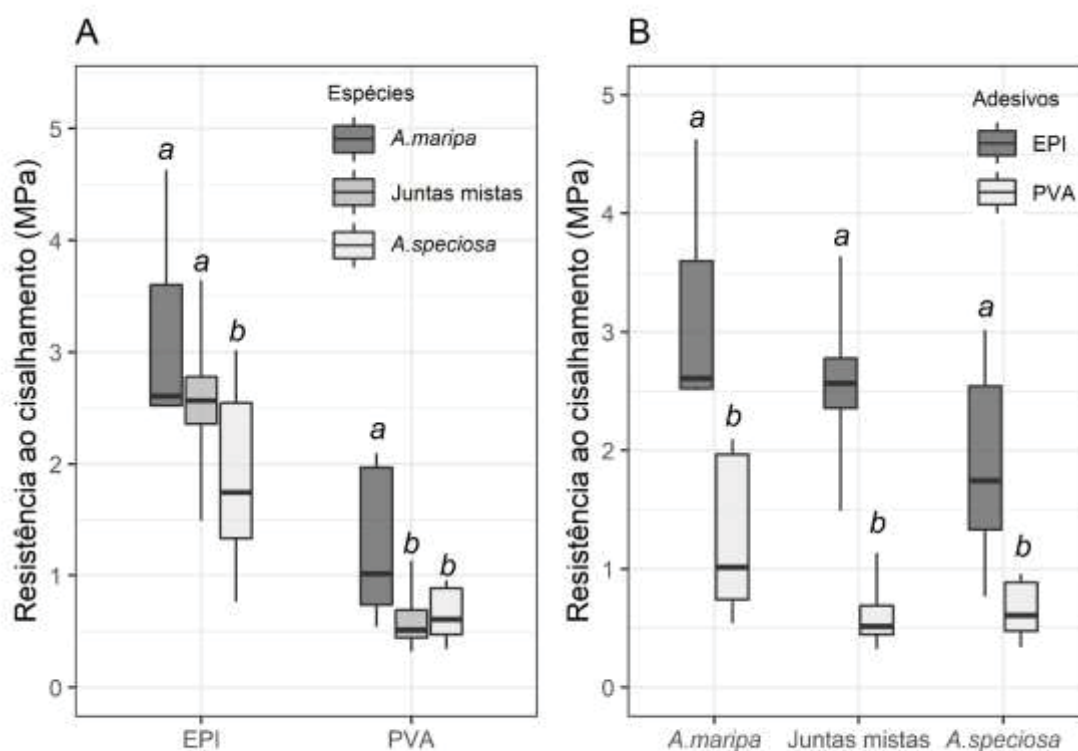
Nota-se que no pré-tratamento controle, a espécie *Attalea maripa* apresentou os maiores valores médios, os quais podem estar atribuídos ao menor percentual obtido nas propriedades químicas para essa palmeira. Além disso, é possível constatar a superioridade do adesivo EPI em comparação ao PVA, corroborando com os resultados de outras pesquisas acerca de painéis EGP (IWAKIRI et al., 2021; BILA et al., 2021).

Comparando os resultados desta pesquisa aos encontrados na literatura, percebe-se que a madeira apresenta superioridade em relação ao material das palmeiras estudadas após o pré-tratamento a seco. Lopes et al. (2013) avaliando a colagem lateral com o *P. taeda* colado com adesivo PVA e EPI com gramatura de  $200 \text{ g.m}^{-2}$ , encontraram valores de 7,21 MPa e 8,43 MPa

para esses adesivos, respectivamente. Já Trianoski et al. (2020), avaliando a colagem com PVA com gramatura de 150 g.m<sup>-2</sup> e 200 g.m<sup>-2</sup> obtiveram para o *E. grandis* valores médios de 11,01 MPa e 10,42 MPa para essas gramaturas, respectivamente.

No pré-tratamento em água fria, a interação entre os fatores espécie e adesivo é apresentada na figura 21. A interação entre as espécies e o adesivo PVA demonstra que quando a colagem foi realizada com esse adesivo a maior resistência foi obtida na colagem com a espécie *Attalea maripa*. Para o adesivo EPI, no entanto, a maior resistência foi obtida tanto para essa espécie de palmeira, como para as juntas mistas (Figura 21A). Além disso, notou-se que para todas as espécies e juntas mistas a maior resistência foi obtida na colagem com o adesivo EPI (Figura 21B), corroborando com os resultados de estudos para madeira (IWAKIRI et al., 2021, BILA et al., 2021).

FIGURA 21 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DO EFEITO DA INTERAÇÃO ENTRE A ESPÉCIE E O ADESIVO NO PRÉ-TRATAMENTO EM ÁGUA FRIA



FONTE: A autora (2022).

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As juntas mistas também tiveram a resistência ao cisalhamento na linha de cola afetada pela *Attalea speciosa*, especialmente na colagem com o adesivo PVA (Figura 21A). Esses resultados podem estar associados aos valores superiores desta espécie nas análises de extrativos, cinzas e pH e ao fato do PVA apresentar menor resistência à umidade.

Ademais, os resultados indicaram que a resistência na linha de cola não foi afetada pelas gramaturas avaliadas. Dessa forma, os adesivos podem ser aplicados com a menor gramatura (150 g.m<sup>-2</sup>), para que haja economia de adesivo e menos custo de produção.

Lopes et al. (2013) avaliando a colagem lateral de *P. taeda* com PVA e EPI com gramatura de 200 g.m<sup>-2</sup>, obtiveram valores médios de 1,91 MPa e 2,91 MPa para esses adesivos, respectivamente. Esses resultados são superiores aos encontrados neste estudo na colagem lateral com o adesivo PVA e EPI, a exceção dos tratamentos de *Attalea maripa* com este último adesivo (3,10 MPa e 3,14 MPa).

Trianoski et al. (2020) avaliando o potencial da espécie *Eucalyptus grandis* utilizando o adesivo PVA com gramatura de 150 g.m<sup>-2</sup> e 200 g.m<sup>-2</sup>, encontraram valores médios de 4,72 MPa e 4,10 MPa, respectivamente para essas gramaturas. Os resultados dos autores mostraram-se superiores aos obtidos nesta pesquisa; porém, também não encontraram influência da gramatura nos resultados obtidos.

Dessa forma, é possível identificar que os tratamentos de *Attalea maripa* colados com o adesivo EPI são os mais recomendados para produção de painéis EGP para uso interno. Entretanto, recomenda-se investigações futuras a respeito dos parâmetros de colagem da espécie *Attalea speciosa* para que se possa compreender se a alteração dos fatores adesivo e gramatura pode promover melhores resultados na colagem lateral.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

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

- O lenho da zona periférica do caule de *Attalea maripa* (Inajá) apresentou menores quantidades de extrativos em água fria, água quente, extrativos totais, cinzas e pH, em comparação ao lenho de *Attalea speciosa* (Babaçu).
- A espécie *Attalea maripa* apresentou lenho de maior densidade em relação à *Attalea speciosa*, cujos valores de  $0,63 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $0,59 \text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente, se enquadram na faixa média de densidade. Além disso, as duas espécies de palmeiras apresentaram baixos valores de contrações e coeficiente de anisotropia, comparados à madeira, sendo este, em função das diferenças pequenas entre as contrações tangencial e radial, resultando em lenho de alta estabilidade dimensional.
- Com relação às emendas de topo, a espécie *Attalea maripa* apresentou os melhores resultados em comparação à *Attalea speciosa* e às juntas mistas, atendendo aos requisitos normativos da ASTM D 5572-95 (2005).
- Os resultados dos ensaios de colagem lateral indicam que a palmeira da espécie *Attalea maripa* (Inajá) colada com o adesivo EPI com gramatura de  $150 \text{ g.m}^{-2}$  é a mais recomendada para a produção de painéis EGP para uso interno, tais como em móveis, objetos de decoração e materiais de acabamentos em construção civil.
- A avaliação geral dos resultados demonstrou que a palmeira da espécie *Attalea maripa* (Inajá) apresenta potencial para produção de painéis de colagem lateral (EGP), possibilitando agregar valor à utilização deste material.

Assim, ressalta-se a importância de estudos voltados para o rendimento em serraria do material proveniente da zona periférica das espécies, bem como avaliação da usinabilidade dos mesmos. Tais investigações serão importantes para a melhor compreensão do material e para que seja possível a instalação de pequenas fábricas de painéis EGP na região de ocorrência das espécies, sendo um meio de promover incremento de renda a pequenos produtores rurais da Amazônia.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; KAMKE, F. A. Analysis of Calcutta bamboo for structural composite materials: physical and mechanical properties. **Wood Science and Technology**, v. 39, n. 6, p. 448-459, 2005.
- AHMAD, N.; KASIM, J.; YUNUS, N. Y. M.; ZAKI, J. A.; MUNIRAH, A. **Physical and Chemical Properties of Different Portions of Oil Palm Trunk**. In: Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences (RCSTSS 2016). Springer, Singapore, 2018. p. 759-766.
- AKINBADE, Y.; HARRIES, K. A.; FLOWER, C. V.; NETTLESHIP, I.; PAPADOPOULOS, C.; PLATT, S. Through-culm wall mechanical behaviour of bamboo. **Construction and Building Materials**, v. 216, p. 485-495, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.214>
- ALBINO, V. C. D. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050987561>
- ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S.; TRIANOSKI, R. **Adesão e adesivos**. In: IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2020.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS- **ASTM 5572**: Standard specification for adhesives used for finger joints in nonstructural lumber products. 2005.
- AMMANN, S. D. **Desempenho mecânico de juntas adesivas em elementos estruturais de madeira de lei**. 2015. 161 f. Tese de Doutorado. (Doutorado em Ciências), ETH Zurich, 2015.
- ANDRADE, F. W. C.; TOMAZELLO, M.; MOUTINHO, V. H. P. Influence of Wood Physical Properties on Charcoal from *Eucalyptus* spp. **Floresta e Ambiente**, v. 25, 2018.
- ARAÚJO, F. R. GONZÁLEZ-PÉREZ, S. E.; LOPES, M.A.; VIÉGAS, I. D. J. M. Ethnobotany of babassu palm (*Attalea speciosa* Mart.) in the Tucuruí Lake Protected Areas Mosaic-eastern Amazon. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 2, p. 193-204, 2016.
- ARAÚJO, R. D. de. **Avaliação do potencial de espécies manejadas na Amazônia para produção de painéis “EGP”(Edge Glued Panels) não estrutural**. 2019. 114 f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. *Estudo setorial 2009: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2008*. Curitiba; 2009. 48 p.

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

BALBONI, B. M.; DE SOUSA, J. T. R.; FERREIRA, M. A.; DE AGUIAR RODRIGUES, R.; MACEDO, A. B. Residue of açai berry (*Euterpe oleracea*) management as a source of lignocellulosic material. **European Journal of wood and wood products**, 1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01417-8>.

BENNETT, B. C. C. Economic Botany: Twenty-five economically important plant families. **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) e-book**, 2010.

BEZERRA, V. S. O Inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) como fonte alimentar e oleaginosa. Embrapa Amapá-Comunicado Técnico, 2011.

BIERMANN, Christopher J. Handbook of pulping and papermaking. Elsevier, 1996.

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

BILA, N. F. **Potencial tecnológico de madeiras de *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora* para fabricação de móveis e molduras em Moçambique**. 2020. 97 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 671-680, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v45i4.31991>

BORTOLETTO G. J.; MORESCHI, J. C. Physical–mechanical properties and chemical composition of *Pinus taeda* mature wood following a forest fire. **Bioresource technology**, v. 87, n. 3, p. 231-238, 2003.

CAMPELO, S.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; AGUIAR, O. R. (2017). Utilização da madeira de *Genipa americana* para produção de painéis de colagem lateral-EGP. **Floresta**, v. 47, n. 1, 129-136, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/uf.v47i1.48453>

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C.; SILVA, M. L. Manual Tecnológico, Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu. 2ª Ed, Brasília: ISPN, 2012.

CYMERYS, M.; FERREIRA, E. Palm trees and diverse other species. In: P. SHANLEY, P. (Ed.). **Fruit trees and useful plants in Amazonian life**. Rome:

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2011. p. 197-204.

EGEA, M. B.; LEMES, A. C.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; TAKEUCHI, K. P.; DANESI, E. D. G. Avaliação Físico-Química, Microbiológica e Sensorial de Palmito Pupunha Minimamente Processado por Métodos Combinados. **Uniciências**, v. 22, n. 3Esp, p. 2-6, 2018.

ELEOTÉRIO, J. R.; REICHERT, D., HORNBURG, K. F.; MENEGUELLI, I. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 329-336, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i2.34699>

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

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

EVANGELISTA, W. V.; DE CASTRO SILVA, J.; DELLA LUCIA, R. M.; LOBO, L. M.; DE SOUZA, M. O. A. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* ST Blake no sentido radial e longitudinal. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 1, n. 2, p. DOI: 10-12953/2177-6830. v01n02a01, 2010.

FATHI, L.; FRÜHWALD, A. The role of vascular bundles on the mechanical properties of coconut palm wood. **Wood Material Science & Engineering**, v. 9, n. 4, p. 214-223, 2014.

FERREIRA, K. A. C.; DE MENDOZA, Z. M. H.; RIBEIRO, E. S.; BATISTA, B. M. F.; DA SILVA, J. C. Análise dos compostos acidentais na madeira de *Tectona grandis* LF. **Biodiversidade**, v. 14, n. 1, 2015.

FLORA DO BRASIL. Arecaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>.

FONTE, A. P. N.; TRIANOSKI, R. Efeito da gramatura sobre a qualidade de colagem lateral da madeira de *Tectona grandis*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 3, p. 224-233, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000300014>

FONTE, A. P. N.; TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; DOS ANJOS, R. A. M. Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alburno de *Cryptomeria japonica*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 3, p. 277-285, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711632017277>

Food and Agriculture Organization - FAO. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.

FREITAS, C. G.; BROKAMP, G. *Attalea speciosa*, die Babassupalme. **Der Palmengarten**, v. 82, n. 1, p. 29-37, 2018.ç

FRIHART, C. R. Wood adhesion and adhesives. In: ROWELL, R. M. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. 1. ed. Routledge: Boca Raton, 2005.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. **Adhesives with Wood Materials Bond Formation and Performance**. In: ROSS, R. J. Wood Handbook - Wood as an Engineering Material, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010, 508p.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G.; PLAZA, N. Z.; JAKES, J. E. Adhesive-wood interactions in relation to failure in bonded wood products from the centimeter to nanometer scale. **Contributed Papers from Materials Science and Technology 2019 (MS&T19)**, Portland, 2019. p. 877-883. DOI: [http://dx.doi.org/10.7449/2019/MST\\_2019\\_877\\_883](http://dx.doi.org/10.7449/2019/MST_2019_877_883)

GALLIO, E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A.; SOUZA, J. T.; RAVASI, R.; MENEZES, W. M.; BELTRAME, R. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 3, p. 244-250, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n3p244-250>

GARDNER, D. J. Wood: Surface Properties and Adhesion. **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**, 2016. DOI: 10.1016/B978-0-12-803581-8.03301

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. E.; COELHO-FERREIRA, M.; ROBERT, P. D.; GARCÉS, C. L. L. Conhecimento e usos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. e *Attalea eichleri* (Drude) AJ Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da Terra Indígena Las Casas, estado do Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 295-308, 2012.

GUIMARÃES, M.; BOTARO, V. R.; NOVACK, K. M. Dimensional stability of *Bambusa vulgaris* for the production of GLB and furniture. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 10, n. 2, p. 103-109, 2013. DOI11; <http://dx.doi.org/10.1007/s13196-013-0102-y>

HABIPI, B.; AJDINAJ, D. Wood finger-joint strength as function of finger length and slope positioning of tips. **International Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 12, 2015.

HENDERSON, A. Arecaceae. Part I. Introduction and the. **Flora Neotropica**, vol. 53, p. 1-100, 1990.

HENDERSON, F. M. Morphology and anatomy of palm seedlings. **The Botanical Review**, v. 72, n. 4, p. 273-329, 2006.

HOWARD, F. W. The Animal Class Insecta and the Plant Family Palmae. In: HOWARD, F. W. et al. **Insects on Palms**. Cabi, 2001.

HUNT, C. G.; FRIHART, C. R.; DUNKY, M.; ROHUMAA, A. Understanding wood bonds—going beyond what meets the eye: a critical review. **Reviews of Adhesion and Adhesives**, v. 6, n. 4, p. 369-440, 2018.

HSE, C.; KUO, M.. Influence of extractives on wood gluing and finishing—a review. **Forest Products Journal** **38 (1): 52-56**, 1988.

IWAKIRI, S., TRIANOSKI, R., ZUNTA, R. R., PEREIRA, G. F.; ROSA, T. S. Avaliação dos efeitos do adesivo, gramatura e pressão na qualidade de painéis EGP de *Eucalyptus badjensis*. *Scientia Forestalis*, v. 49, n. 129, p. e3437, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.20>

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. **Painéis colados lateralmente**. In: IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2020.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; FONTE, A. P. N.; FRANÇA, M. C.; LAU, P. C.; MOLLEKEN, R. Potential use of the wood of *Dinizia excelsa* Ducke and *Protium puncticulatum* JF Macbr for manufacture of EGP panels. **Scientia Forestalis**, n. 111, p. 709-717, 2016.

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

JAKES, J. E.; FRIHART, C. R.; HUNT, C. G.; YELLE, D. J.; PLAZA, N. Z.; LORENZ, L. F.; CHING, D. J. Integrating multiscale studies of adhesive penetration into wood. **Forest Products Journal**, v. 68, n. 4, p. 340-348, 2018.

JOKERST, R. W. **Finger-jointed wood products**. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1981.

JUÍZO, C. G. F. **Aproveitamento de costaneiras em serraria de eucalipto para produção de painéis EGP**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

JUÍZO, C. G. F.; LOIOLA, P. L.; ZEN, L. R.; MARCHESAN, R.; CARVALHO, D. E.; BILA, N. F. KLITZKE, R. J. Variação radial das propriedades físicas da madeira de *Pinus patula* plantados em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 285-292, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.83.771>

KÜCHMEISTER, H.C.; HOPKINS, M.J.G.; HENDERSON, A.; SCARIOT, A. Monocotyledonae. In: RIBEIRO, J. E. L. D. S. **Flora da reserva ducke**: Guia de

identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999.

KUMAR, R. N.; PIZZI, Antonio. **Adesivos para Madeira e Materiais Lignocelulósicos**. Scrivener Publishing - Wiley, 483 p. 2019.

LAU, P. C. **Produção de painéis de colagem lateral-EGP com madeira de *Populus deltoides***. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LIMA, G. P.; ALMEIDA JUNIOR, E. B. DE. Sinopse da tribo Cocoseae Mart. (Arecoideae, Arecaceae) no estado do Maranhão, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0922>

LOPES, A.; HERNANDEZ, F.; ALVES JÚNIOR, J.; VALÉRIO FILHO, W. V. Manejo da irrigação na cultura da pupunha no Noroeste paulista. **Engenharia Rural**, v.15, 2004.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO, M.; DIAS, C. T. D. S.; PANSINI, A. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 315-322, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050983235>

LOPES, M. C. de. **Espectroscopia no infravermelho próximo aplicada na avaliação de painéis de madeira colados lateralmente**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

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

MASCARENHAS, A. R. P.; SCCOTI, M. S.V.; DE MELO, R. R.; DE OLIVEIRA C. F. L.; DE SOUZA, E. F. M.; PIMENTA, A. S. Characterization of wood from *Schizolobium parahyba* var. *a mazonicum* Huber x *Ducke* trees from a multi-stratified agroforestry system established in the Amazon rainforest. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 3, p. 475-486, 2021. DOI <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00576-5>.

MAGELLAN, T. M.; TOMLINSON, P. B.; HUGGETT, B. A. Stem anatomy in the spiny American palm *Bactris* (Arecaceae-Bactridinae). **Hoehnea**, v. 42, p. 567-579, 2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diagnóstico da Produção Sustentável da Palma de Óleo no Brasil**. Brasília : Mapa/ACE, 2018.

MARINHO, N. P.; NISGOSKI, S., KLOCK U.; ANDRADE, A. S. D.; MUÑIZ, G. I. B. D. Análise química do bambu-gigante (*Dendrocalamus giganteus* wall. ex

munro) em diferentes idades. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 417-422, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050985749>

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

MARTINS, R. C. **Arecaceae (Palmae) no Distrito Federal, Brasil**. 2020. Dissertação (Mestrado em botânica), Universidade de Brasília, 2000.

MATOS, A. M. G.; DOS SANTOS R. L.; GONÇALVES PIRES, H. C.; SILVA CABRAL, B.; ALMEIDA VIEIRA, T.; MARTINS SILVA, V. Morfotipos de frutos e morfologia de plântulas de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 819-829, 2017.

MATTOS, B. D.; LOURENÇON, T. V.; GATTO, D. A.; SERRANO, L.; LABIDI, J. Chemical characterization of wood and extractives of fast-growing *Schizolobium parahyba* and *Pinus taeda*. **Wood Material Science & Engineering**, v. 11, n. 4, p. 209-216, 2016.

MEDEIROS, B. L. M. A.; JUNIOR, J. B. G.; RIBEIRO, M. X.; LISBOA, F. J. N.; GUIMARÃES, I. L.; DE PAULA PROTÁSIO, T. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. **Nativa**, v. 4, n. 6, p. 403-407, 2016. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i6.3730>

MELO, R. R. Estabilidade dimensional de compostos de madeira. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 4, n. 2, p. 10-12953/2177-6830. v04n02a03, 2013. DOI: <https://doi.org/10.12953/2177-6830.v04n02a03>

MIRANDA, DE M. C., CASTELO, P. A. R., DE MIRANDA, D. L. C., RONDON, E. V. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 3, n. 2, p. 10-12953/2177-6830. v03n02a09, 2012.

MÖLLEKEN, R. E. **Aplicação do adesivo poliuretano derivado do óleo de mamona na obtenção de painéis de madeira colados lateralmente**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

MORAIS, S. A. L. D.; NASCIMENTO, E. A. D.; MELO, D. C. D. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, p. 461-470, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000300014>

Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu - MIQCB. **Acesso à terra, território e recursos naturais: a luta das quebradeiras de coco babaçu**.[sl]: ActionAid Brasil, 2015.

NAGAISHI, T. Y. R.; NUMAZAWA, S.; NAGAISHI, M. D. S. C. F.; NUMAZAWA, C. T. D.; DE OLIVEIRA, P. R. S.; LOBATO, C. C. S. Use of the inajá stipe (*Attalea maripa* (aubl.) mart.) for the generation of bioenergy. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 3, 2019.

NASCIMENTO, A. M. do; GARCIA, R. A.; DELLA LUCIA, R. M. Qualidade de adesão de juntas coladas de diferentes espécies comerciais de madeira. **Cerne**, v. 19, p. 593-601, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400009>

NASSER, R. A.; SALEM, M. Z.; HIZIROGLU, S.; AL-MEFARREJ, H. A.; MOHAREB, A. S.; ALAM, M.; AREF, I. M. Chemical analysis of different parts of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) using ultimate, proximate and thermogravimetric techniques for energy production. **Energies**, v. 9, n. 5, p. 374, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/en9050374>

NICHOLLS, D. (2010). Alaska Birch For Edge-Glued Panel Production—Considerations for Wood Products Manufacturers, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-820 Portland, OR.

OLIVEIRA, J.; POTIGUARA, R. C. V. de.; LOBATO, L. C. B. Fibras vegetais utilizadas na pesca artesanal na microrregião do Salgado, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 1, n. 2, p. 113-127, 2006.

ÖZÇİFÇİ, A., YAPICI, F., “Structural performance of the finger-jointed strength of some wood species with different joint configurations”, **Construction and Building Materials**, v. 22, n. 7, pp. 1543-1550, 2008.

PASSOS, M. A. B. **Emergência de plântulas e caracterização de Inajá em Roraima, Amazônia, Brasil**. 2014. 96 f. Tese (Doutorado em em Ciências Biológicas) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2014.

PIRES, H. C. G.; ROSA, L. D. S.; CABRAL, B. S.; SILVA, V. M. D.; NOGUEIRA, G. A.; FERREIRA, P. R. N. Padrão fenológico de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. em áreas de pastagens na Amazônia Oriental. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 170-179, 2016.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panels-EGP)**. 2010. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

Produção Agrícola Municipal - PAM. 2020. Rio de Janeiro, v. 46, p.1-8, 2019.

Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS. 2019. Rio de Janeiro, v. 34, p. 1-8, 2020.

R development core team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing, 2016.

RAMFUL, R.; SUNTHAR, T. P.; ZHU, W.; PEZZOTTI, G. Investigating the Underlying Effect of Thermal Modification on Shrinkage Behavior of Bamboo Culm by Experimental and Numerical Methods. **Materials**, v. 14, n. 4, p. 974, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14040974>

RIVAS, M.; BARBIERI, R. L.; MAIA, L. C. da. Plant breeding and in situ utilization of palm trees. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 261-269, 2012.

ROCHA, da H. L. S.; PAES, J. B.; MINÁ, A. J. S.; DE OLIVEIRA, E. Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 262-267, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a3772>

RÜGGEBERG, M.; SPECK, T.; BURGERT, I. Structure–function relationships of different vascular bundle types in the stem of the Mexican fanpalm (*Washingtonia robusta*). **New Phytologist**, v. 182, n. 2, p. 443-450, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02759>

SANTANA, M. A. E.; OKINO, E. Y. Al. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. *Holzforsch*, v. 61, n. 5, p. 469-477, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1515/HF.2007.084>

SANTIAGO, S. B.; GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; SEGUNDINHO, P. G. D. A.; PAES, J. B.; ARANTES, M. D. C. Colagem de madeira de eucalipto com adesivos naturais. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0485>

SANTOS, F. D. R. P.; SANTOS, M. G. B.; LUCENA, V. B.; VIANA, M. B.; DE CASTRO, A. D. A. P. Uso do óleo de coco babaçu (*Attalea speciosa*) como emoliente em primeiro lugar fitocosmética com ação hidratante. **Revista Cereus**, v. 12, n. 4, pág. 2-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v12n4p2-13>

SEDAP. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da pesca. 2020. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/content/dend%C3%AA>.

SETTE JR, C. R.; DEUS JR, J. C. D.; TOMAZELLO FILHO, M.; PÁDUA, F. A. D.; CALIL, F. N.; LACLAU, J. P. Alterações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral. **Cerne**, v. 20, p. 251-258, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760.201420021499>

SHARMA, A. K.; DUTT, D., UPADHYAYA, J. S.; ROY, T. K. Anatomical, morphological, and chemical characterization of *Bambusa tulda*, *Dendrocalamus hamiltonii*, *Bambusa balcooa*, *Malocana baccifera*, *Bambusa arundinacea* and *Eucalyptus tereticornis*. **BioResources**, v. 6, n. 4, p. 5062-5073, 2011.

SILVA, E. R. R.; SABLAYROLLES, M. G. P. das. Quintais agroflorestais por colonos migrantes: as plantas medicinais em Vila Nova, Mojuí dos Campos (Santarém/PA). In: **7 Congresso Brasileiro De Sistemas Agroflorestais**. 2009.

SILVA, M. R. da.; NOGUEIRA, F. C.; ROSSI, D. Q.; EREIRA, T. M.; FERREIRA, R. F. Análise fatorial multivariada aplicada a caracterização de áreas de ocorrência de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) na bacia do Rio Cocal. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 267-282, 2012.

SCHULGASSER, K.; WITZTUM, A. How the relationship between density and shrinkage of wood depends on its microstructure. **Wood science and technology**, v. 49, n. 2, p. 389-401, 2015.

SMITH, B.; ARAMAN, P. A. Exploring Valued-Added Options-Edge-Glued Panels and Blanks Offer Value-Added Opportunities. **Southern Lumberman**. 258 (4): 42-43., 1997.

SZYMONA, K.; BORYSIUK, P.; SAN H'NG, P.; CHIN, K. L.; & MAMIŃSKI, M. Valorization of waste oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) biomass through furfurylation. **Materials & Design**, v. 53, p. 425-429, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.07.030>

TANG, T.; ZHANG, B.; LIU, X.; WANG, W.; CHEN, X.; FEI, B. Synergistic effects of tung oil and heat treatment on physicochemical properties of bamboo materials. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49240-8>

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

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

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

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

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

THOMAS, R.; DE FRANCESCHI, D. Palm stem anatomy and computer-aided identification: The Coryphoideae (Arecaceae). **American Journal of Botany**, v. 100, n. 2, p. 289-313, 2013.

TIENNE, D. L. C. **Qualidade da adesão de juntas coladas expostas a condições de serviço externo e interno**. 2006. 68 f. Dissertação (Metrado em

Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 2012. 552 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; BONDUELLE, G. M. Qualidade das juntas coladas de madeira de cinco espécies de *Eucalyptus* com adesivos acetato de polivinila e resorcina-formaldeído. **Madera y bosques**, v. 26, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632064>

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M. D.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, 398-406, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.071>

ÜLKER, O. **Wood adhesives and bonding theory**. In: Rudawska, A. Adhesives—Application and Properties. IntechOpen. p. 271-288, 2016.

VICK, C. B. Adhesive bonding of wood materials. In: Forest Products Laboratory. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Relatório técnico geral FPL; GTR-113. Madison, WI: Departamento de Agricultura dos EUA, Serviço Florestal, Laboratório de Produtos Florestais, 1999. DOI <https://doi.org/10.2737/FPL-GTR-113>.

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of wood. In: ROSS, R. J. **Wood Handbook - Wood as an Engineering Material**, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010, 508p. cap. 3.

YE, C.; HUANG, Y.; FENG, Q.; FEI, B. Effect of Hygrothermal Treatment on the Porous Structure and Nanomechanics of Moso Bamboo. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63524-4>

ZAU, M. D. L.; VASCONCELOS, R. P. D.; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R. Avaliação das propriedades química, física e mecânica de painéis aglomerados produzidos com resíduo de madeira da Amazônia-Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Polímeros**, v. 24, p. 726-732, 2014. DOI <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1594>