



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM**  
**CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS – PPGCIFA**

**DANIELE FEITOSA FRÓES**

**MANEJO FLORESTAL E TECNOLOGIA DA MADEIRA: VIABILIDADE DA**  
**UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE MATAMATÁ EM PRODUTOS DE ALTO VALOR**  
**AGREGADO.**

**FINANCIAMENTO: FAPEAM/ INCT MADEIRAS DA AMAZÔNIA**

**Manaus-AM**  
**2019**

**DANIELE FEITOSA FRÓES**

**MANEJO FLORESTAL E TECNOLOGIA DA MADEIRA: VIABILIDADE DA  
UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE MATAMATÁ EM PRODUTOS DE ALTO VALOR  
AGREGADO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

**Orientadora: Dra. Claudete Catanhede do Nascimento**

**Manaus-AM**

**2019**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

|       |  |
|-------|--|
| F948m | Frões, Daniele Feitosa   |
|       | Manejo florestal e tecnologia da madeira : viabilidade da utilização da madeira de matamatá em produtos de alto valor agregado / Daniele Feitosa Frões. 2019   |
|       | 91 f.: il. color; 31 cm.   |
|       | Orientadora: Claudete Catanhede do Nascimento  |
|       | Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.   |
|       | 1. Matamatá. 2. Caracterização tecnológica. 3. Usinagem. 4. Manejo florestal. 5. Espécies de pequeno diâmetro. I. Nascimento, Claudete Catanhede do II. Universidade Federal do Amazonas III. Título |

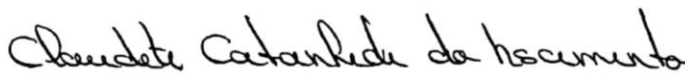
DANIELE FEITOSA FRÓES

**MANEJO FLORESTAL E TECNOLOGIA DA MADEIRA: VIABILIDADE DA  
UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE MATAMATÁ EM PRODUTOS DE ALTO VALOR  
AGREGADO.**

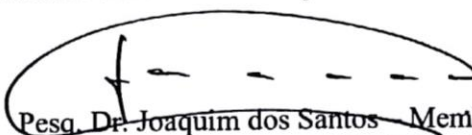
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2019

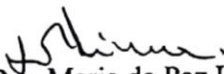
BANCA EXAMINADORA



Pesq. Dra. Claudete Catanhede do Nascimento – Presidente  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Pesq. Dr. Joaquim dos Santos – Membro  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Pesq. Dra. Maria da Paz Lima – Membro  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

## **Dedicatória**

**Aos meus pais, Maria Goreth e Hosmarino pelo apoio, compreensão e carinho.**

**A toda minha família pelo incentivo e carinho demonstrado.**

**Aos amigos por todo incentivo e apoio.**

**Dedico!!**

## **Agradecimento**

À DEUS pelo dom da vida, pela sabedoria concedida a cada momento, pelo conforto nos dias mais turbulentos dessa jornada, pela proteção e discernimento nas escolhas mais difíceis.

Aos meus pais Maria Goreth Feitosa Fróes e Hosmarino Belém Fróes por todo apoio, confiança e compreensão durante os anos dedicados ao mestrado.

À minha orientadora Dra. Claudete Catanhede do Nascimento, pela confiança no desenvolvimento dessa pesquisa, por todo conhecimento e experiência repassados durante o processo de construção desta dissertação.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA), pela oportunidade de realização do mestrado e todo ensinamento repassado, contribuindo para meu crescimento profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira (LEAM) pelo apoio na pesquisa, em especial ao Gean Dantas, Jair, Roberto Daniel e Geislayne Silva.

Ao Laboratório de Anatomia da Madeira (LAM), pelo auxílio nas análises das madeiras estudadas, em especial ao Jorge Alves Freitas.

Ao Laboratório de Química da Madeira, pelo auxílio em todas as análises químicas realizadas, em especial ao Cristiano Nascimento.

A secretaria do programa PPG-CIFA pelos préstimos, compreensão e amizade, em especial a Gillieny Rodrigues.

Ao Antônio Raimundo Gomes de Souza (Tonhão) e Francisco Quintiliano Reis (Caroço) pelo auxílio nas atividades de campo na ZF-2.

Aos amigos da Pós-Graduação pela convivência e amizade durante esses anos de mestrado e auxílio em algumas etapas do trabalho, em especial ao Filipe Santos e Alexsandro Silveira.

A todos os membros das bancas de avaliação tanto na qualificação quanto na defesa, pela contribuição na construção da dissertação e incentivo para continuar atuante na pesquisa.

E a todos que de alguma forma, contribuíram na realização desta pesquisa.

**Meu muito obrigada!!!**

## RESUMO

Árvores do gênero *Eschweilera* conhecidas como matamatá são espécies abundantes, amplamente distribuídas na floresta, possuem características importantes para o manejo florestal, porém não são exploradas devido à escassez de estudos sobre sua caracterização tecnológica mostrando seu potencial, como usinagem e propriedades físicas que contribuiriam para inclusão de novas espécies no mercado e sustentabilidade dos ecossistemas florestais. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da madeira conhecida como matamatá quanto suas propriedades físicas e seu comportamento no processo de usinagem para ser empregada no seguimento da indústria madeireira. Para esta pesquisa foram selecionadas duas espécies *Eschweilera coriacea* (A.DC) Mori e *Eschweilera truncata* A. C. Sm das quais foram abatidas uma árvore de cada espécie, e o fuste comercial de cada árvore desdobradas em toras, e as toras em pranchas. De cada árvore foi retirado 1 disco da base para identificação anatômica macroscópica, densidade aparente, densidade básica, retratibilidade, coeficiente de anisotropia, poder calorífico, cinza, sílica, teor de extrativo e lignina. E a partir das pranchas obteve-se amostras para os ensaios do módulo de elasticidade dinâmico e processo de usinagem. Para análise dos dados utilizou-se estatística descritiva, teste de Tukey e análise comparativa. De acordo com os resultados, as madeiras são consideradas de alta densidade, apresenta um coeficiente de anisotropia de 1,70 e 1,90 sendo indicativa de madeiras de média baixa estabilidade, apresentando boa classificação da qualidade das madeiras para usinagem. O módulo de elasticidade dinâmico permitiu classificar as madeiras das duas espécies em classes de qualidade de alta resistência. Os resultados das análises química para cinza (1,81% e 1,70%), sílica (0,66% e 0,38%) e teor de extrativo (5,89% e 5,11%) estão em conformidade aos atribuídos para as espécies de folhosas, já a lignina (39% e 52%) apresentou dessemelhança. As madeiras de *E. coriacea* e *E. truncata* apresentaram excelente desempenho na avaliação de usinagem, tendo recebido conceito excelente para os testes de plaina, lixa, perfuração por broca, moldura no topo e torno; bom para o teste de rasgo lateral por broca e; ruim para o teste de perfuração por prego, por conseguinte essas madeiras mostram excelente qualidade para usinabilidade. Em suma, nenhuma das madeiras apresentou diferenças nos testes usinagem para cerne e alburno, demonstrando mesma qualidade de material lenhoso, corroborando assim para o aumento do rendimento no tange ao processamento da madeira. Na confecção dos produtos revela que as madeiras recebem excelente acabamento e colagem, além de reafirmar a qualidade da madeira para os processos de usinagem. Das peças utilizadas nos processos de usinagem foram produzidos produtos como: móveis, artigos de decoração, armação para óculos e escala para instrumento musical. De forma geral, pode-se concluir que a madeira das espécies estudadas estão aptas para serem empregadas na confecção de produtos de alto valor agregado, podendo ser consideradas como alternativa para subsidiar o mercado madeireiro, uma vez que apresentam características similares as espécies comercializadas e também por serem espécies de grande ocorrência em toda a Amazônia.

**Palavras-chave:** Matamatá; caracterização tecnológica; usinagem; manejo florestal; espécies de pequeno diâmetro

## ABSTRACT

Trees of the genus *Eschweilera* known as matamatá are abundant species, widely distributed in the forest, have important characteristics for forest management, but are not exploited due to the scarcity of studies on their technological characterization showing their potential, such as machining and physical properties that would contribute to inclusion of new species on the market and sustainability of forest ecosystems. In this sense, the present work had as objective to evaluate the performance of the wood known as matamatá, as its physical properties and its behavior in the machining process to be used in the follow up of the wood industry. For this research two species *Eschweilera coriacea* (A.DC) Mori and *Eschweilera truncata*, A. C. Sm were selected, from which a tree of each species was felled, and the commercial bole of each tree unfolded in logs, and the logs in timber. From each tree 1 base disc was removed for macroscopic anatomical identification, apparent density, basic density, retratibility, anisotropy coefficient, calorific value, ash, silica, extractive content and lignin. And of the timber samples were obtained for the tests of the dynamic modulus of elasticity and machining process. For data analysis, we used descriptive statistics, Tukey's test and comparative analysis. According to the results, the wood is considered of high density, presents an anisotropy coefficient of 1.70 and 1.90 being indicative of medium low stability wood, presenting a good classification of the wood quality for machining. The dynamic modulus of elasticity allowed to classify the woods of the two species into high resistance quality classes. The results of the chemical analyzes for ash (1.81% and 1.70%), silica (0.66% and 0.38%) and content of extractive (5.89% and 5.11%) are in accordance with those attributed for hardwood species, while lignina (39% and 52%) no showed similarity. The wood of *E. coriacea* and *E. truncata* presented excellent performance in the evaluation of machining, having received excellent concept for the tests of planer, sandpaper, drilling by drill, frame in the top and lathe; good for lateral court test by drill and; bad for the nail drill test, therefore these woods show excellent quality for machinability. In short, none of the woods showed differences in the tests for core and sapwood, demonstrating the same quality of woody material, thus corroborating for the increase in yield as regards wood processing. In the manufacture of the products it reveals that the wood receives excellent finishing and gluing, besides reaffirming the quality of the wood for the machining processes. From the parts used in the machining processes were produced products such as: furniture, decorative items, glasses frame and scale for musical instrument In general, it can be concluded that the wood of the species studied is suitable for use in the confection of high value-added products, and can be considered as an alternative to subsidize the timber Market, once apresent the have similar characteristics the species marketed and, because they are species of great occurrence throughout the Amazon.

**Keywords:** Matamatá; technological characterization; machining; Forest management; small diameter species



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - Bioma Amazônico e Amazônia Legal .....   | 15 |
| <b>Figura 2</b> - Produção e preços unitários da madeira em tora no Brasil.....  | 20 |
| <b>Figura 3</b> – Plano transversal, radial e tangencial da madeira .....  | 29 |
| <b>Figura 4</b> - Localização geográfica da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (E.E.S.T./INPA) - Núcleo ZF-2 .....                   | 35 |
| <b>Figura 5</b> - Amostra de material botânico (A) e Disco da base da árvore (B) .....   | 36 |
| <b>Figura 6</b> –Corte das toras (A, B e C) e Desdobro das pranchas (D).....   | 37 |
| <b>Figura 7</b> –Cunha e preparação corpos-de-prova (A); Corpos-de-prova prontos (B);<br>Observação com lupa e Análise com estereoscópio (C).....  | 38 |
| <b>Figura 8</b> - Procedimento para o teste de cinza.....  | 39 |
| <b>Figura 9</b> - Procedimentos para o teste de sílica .....   | 40 |
| <b>Figura 10</b> - Procedimentos para o teste de extrativo .....   | 41 |
| <b>Figura 11</b> - Procedimentos para o teste de lignina .....   | 42 |
| <b>Figura 12</b> - Preparação dos corpos-de-prova.....   | 43 |
| <b>Figura 13</b> - Ensaio para determinação da densidade e retratibilidade .....   | 43 |
| <b>Figura 14</b> - Calorímetro PARR e amostras para determinação do PCS .....  | 46 |
| <b>Figura 15</b> -Ensaio de onda de tensão (A) e peso para obtenção da massa específica da peça (B).....   | 47 |
| <b>Figura 16</b> - (A) Madeira seca; (B) Identificação e (C) Beneficiamento das pranchas .....   | 47 |
| <b>Figura 17</b> – Aplainamento (A); Lixamento (B); Rasgo lateral (C) e Perfuração por broca (D) .....   | 49 |
| <b>Figura 18</b> - Perfuração por prego (A); Moldura no topo (B) e Torno (C).....  | 50 |
| <b>Figura 19</b> - Macrofotografia do plano Transversal (10X) .....  | 54 |
| <b>Figura 20</b> - (A) Indivíduos identificados como <i>E. coriacea</i> ; (B) Indivíduos de espécies diferente com a coloração similar (M2) <i>E. coriacea</i> e (71) <i>E. truncata</i> ..... | 54 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 21</b> - Indivíduo de <i>E. truncata</i> com alborno mais escuro que o cerne .....                                   | 55 |
| <b>Figura 22</b> - Diferentes colorações da madeira apresentada pelas espécies estudada .....                                  | 56 |
| <b>Figura 23</b> - Estrutura fibrosa das madeiras de matamatá .....  | 56 |
| <b>Figura 24</b> - Resultado do teste de aplainamento (A) <i>E. coriacea</i> e (B) <i>E. truncata</i> .....                    | 66 |
| <b>Figura 25</b> - Resultado do teste de Lixamento (A) <i>E. coriacea</i> e (B) <i>E. truncata</i> .....                       | 67 |
| <b>Figura 26</b> - Resultado do teste de perfuração por broca e prego (A) <i>E. coriacea</i> e (B) <i>E. truncata</i> .....    | 69 |
| <b>Figura 27</b> - Resultado do teste de moldura do topo e rasgo lateral (A) <i>E. coriacea</i> e (B) <i>E. truncata</i> ..... | 70 |
| <b>Figura 28</b> - Resultado do teste de torno (A) <i>E. coriacea</i> e (B) <i>E. truncata</i> .....                           | 71 |
| <b>Figura 29</b> - Diferença de resultado de corte com ferramenta inadequada e ferramenta adequada. ....                       | 72 |
| <b>Figura 30</b> – Processo de confecção do móvel mesa de centro multifuncional .....  | 74 |
| <b>Figura 31</b> – Produto móvel mesa de centro multifuncional .....   | 75 |
| <b>Figura 32</b> – Processo de confecção do móvel mesa de centro .....   | 76 |
| <b>Figura 33</b> – Produto móvel mesa de centro .....  | 77 |
| <b>Figura 34</b> - Processo de colagem, torno e acabamento da mesa e artigo de decoração .....                                 | 78 |
| <b>Figura 35</b> – Produtos artigo de decoração e mesa de centro .....   | 79 |
| <b>Figura 36</b> - Produtos em suas respectivas embalagens.....  | 79 |
| <b>Figura 37</b> – Produto armação para óculos .....   | 80 |
| <b>Figura 38</b> - Produto escala para instrumento musical .....   | 80 |
| <b>Figura 39</b> - Produto bandeja decorativa.....   | 81 |
| <b>Figura 40</b> - Projeto dos produtos .....  | 81 |

**LISTA DE TABELA**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> - Número estimado de desmatamento pelo PRODES por estado .....   | 16 |
| <b>Tabela 2</b> - Polos Madeireiros - Toras para Serrarias e Laminação 2014.....   | 19 |
| <b>Tabela 3</b> - Classificação do coeficiente de anisotropia.....   | 30 |
| <b>Tabela 4</b> - Procedimentos realizados nos testes de usinagem.....   | 48 |
| <b>Tabela 5</b> - Notas aplicadas nas avaliações das peças nos ensaios de usinagem .....   | 51 |
| <b>Tabela 6</b> - Caracteres gerais das espécies <i>E. coriacea</i> e <i>E. truncata</i> .....   | 52 |
| <b>Tabela 7</b> - Propriedades físicas das madeiras <i>Eschweilera coriacea</i> e <i>Eschweilera truncata</i>  | 57 |
| <b>Tabela 8</b> - Módulo de elasticidade dinâmico para as duas espécies .....  | 60 |
| <b>Tabela 9</b> - Propriedades química e poder calorífico de <i>Eschweilera coriacea</i> e <i>Eschweilera truncata</i> .....   | 60 |
| <b>Tabela 10</b> - Avaliação dos testes de usinagem .....  | 65 |
| <b>Tabela 11</b> - Dados de densidade, coeficiente de anisotropia e testes de usinagem (plaina, torno, perfuração, pregar e lixa) de espécies madeireiras de interesse comercial. .... | 73 |

## Sumário

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2</b>   | <b>HIPÓTESE .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>3</b>   | <b>OBJETIVOS.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Objetivo Geral.....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Objetivos Específicos .....</b>                            | <b>14</b> |
| <b>4</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>4.1</b> | <b>A Amazônia Brasileira .....</b>                            | <b>15</b> |
| 4.1.1      | Manejo Florestal .....  | 17        |
| 4.1.2      | Cenário do Setor Madeireiro na Amazônia .....                 | 18        |
| <b>4.2</b> | <b>Gênero <i>Eschweilera</i>.....</b>                         | <b>21</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Propriedades da Madeira.....</b>                           | <b>24</b> |
| 4.3.1      | Propriedades anatômicas da madeira .....                      | 25        |
| 4.3.2      | Propriedades Físicas e Mecânicas.....                         | 27        |
| 4.3.3      | Composição química da madeira .....                           | 32        |
| <b>4.4</b> | <b>Processo de Usinagem.....</b>                              | <b>33</b> |
| <b>5</b>   | <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                              | <b>35</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Caracterização da Área de Coleta.....</b>                  | <b>35</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Seleção das Espécies e Coleta de material .....</b>        | <b>36</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Caracterização Anatômica Macroscópica da Madeira .....</b> | <b>37</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Propriedade Química da Madeira.....</b>                    | <b>38</b> |
| 5.4.1      | Determinação do teor de cinzas .....                          | 38        |
| 5.4.2      | Determinação do teor de sílica (ASTM D1102-84/2013) .....     | 39        |
| 5.4.3      | Determinação do teor de extrativos .....                      | 40        |
| 5.4.4      | Determinação do teor de lignina.....                          | 41        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>5.5</b> | <b>Propriedade física da madeira.....</b>                               | <b>42</b> |
| 5.5.1      | Determinação da Densidade .....   | 43        |
| 5.5.2      | Determinação da Retratibilidade e Coeficiente de Anisotropia (CA) ..... | 44        |
| 5.5.3      | Determinação do poder calorífico superior .....                         | 45        |
| <b>5.6</b> | <b>Módulo de Elasticidade Dinâmico.....</b>                             | <b>46</b> |
| <b>5.7</b> | <b>Processo de Usinagem.....</b>  | <b>47</b> |
| <b>5.8</b> | <b>Análise dos Dados .....</b>  | <b>51</b> |
| <b>5.9</b> | <b>Agrupamento das espécies .....</b>                                   | <b>51</b> |
| <b>6</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                      | <b>52</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Propriedades tecnológicas da madeira .....</b>                       | <b>52</b> |
| 6.1.1      | Características gerais da madeira .....                                 | 52        |
| 6.1.2      | Propriedades físicas da madeira e módulo de elasticidade dinâmico ..... | 57        |
| 6.1.3      | Propriedades química da madeira e Poder calorifico superior .....       | 60        |
| <b>6.2</b> | <b>Processo de Usinagem.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>6.3</b> | <b>Confecção de produtos .....</b>                                      | <b>73</b> |
| <b>7</b>   | <b>CONCLUSÃO .....</b>  | <b>83</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>84</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é cobiçada por sua diversidade e exuberância, abriga milhares de espécies de árvores e destas apenas 350 espécies estão sendo extraídas para fins madeireiro (VERÍSSIMO & BARROS, 2002). Com esse baixo número de espécies comerciais cresce o índice de exploração seletiva e até mesmo predatória para suprir a demanda do mercado madeireiro. A seletividade de espécies arbóreas vem causando impactos significativos ao longo dos anos, alguns pesquisadores como Pinto et al. (2002) associam a exploração seletiva com o desmatamento. Esse panorama mostra que o setor madeireiro na região Amazônica é marcado pela prática da máxima exploração de área, pela utilização de poucas espécies de interesse comercial e por grande desperdício de matéria-prima, tanto na floresta quanto na indústria.

Pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, mostram que o panorama de produção de madeiras nas florestas nativas nos últimos anos sofreu uma queda considerável. Pela amplitude de intervenções realizadas na floresta, a Amazônia vem sendo tema de grandes discussões sobre as questões ambientais (ZERBINI, 2008), principalmente quando se trata do alto índice de desmatamento.

A madeira é um material higroscópico, versátil e renovável para os seres humanos sendo utilizados em diversos seguimentos da indústria. Os países maiores exportadores de madeira tropical estão ficando sem madeiras como a Malásia e Indonésia por praticarem exploração seletiva mesmo com adoção do plano de Manejo Florestal Sustentável - MFS (ITTO, 2014). O Manejo Florestal Sustentável é a alternativa de uso da terra para produzir madeira mantendo a floresta em pé.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2014), o setor florestal se mantém entre as grandes potencialidades que estimulam a economia do Brasil, muita madeira é consumida nacional e internacionalmente e apesar do crescente aumento do consumo de madeiras oriundas de plantios florestais, a busca por madeiras nativas é constante. Cerca de 90% da madeira explorada na Amazônia são consumidas no mercado nacional (IMAZON, 2010).

Em se tratando de Amazônia, à demanda atual por produtos à base de madeira, é necessário considerar que a produção madeireira não é condizente com toda a sua potencialidade. Isso ocorre porque o sistema de produção regional ainda é centrado no corte seletivo de espécies, ocasionando com isso um gradual empobrecimento da floresta e talvez a extinção das espécies mais intensamente exploradas (VERÍSSIMO & BARROS, 2002). As espécies comercializadas atualmente são exploradas no manejo para atender exigência do

mercado do segmento da indústria da madeira, sem levar em consideração o estoque da floresta. Nesse processo, surge a necessidade de caracterizar tecnologicamente espécies de madeiras que tenham distribuição significativa na floresta Amazônica para serem introduzidas no mercado nacional e internacional, devido à grande demanda de madeira, aliada a pressões econômicas para resultados imediatos (TAQUES & ARRUDA, 2016).

Nesse contexto, espécies como do gênero *Eschweilera* da família Lecythidaceae se mostram como alternativas interessantes para essa finalidade. Já que em inventários realizados pela equipe do laboratório de manejo florestal do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, detectaram alta ocorrência de espécies conhecidas como “matamatá” em todo estado do Amazonas. Moutinho et al. (2010) cita que o Manejo Florestal Sustentável vislumbra manejar comercialmente espécies abundantes, amplamente distribuídas e atualmente não exploradas. Entretanto, a não-comercialização dessas espécies se dar pelo fato de suas características da madeira ainda serem desconhecidas.

Para tanto, o conhecimento das propriedades da madeira (físicas, mecânicas, químicas e anatômicas), bem como sua usinabilidade são de fundamental importância para inserir essas espécies ao setor produtivo e competir nos diferentes setores da indústria madeireira. Com o conhecimento destas propriedades é possível realizar análises de comparação das características das madeiras tradicionais, ou seja, é possível aferir qualidades das novas madeiras por meio das inter-relações destas propriedades e a similaridade entre as espécies (NASSUR et al., 2013). No entanto, o desenvolvimento de pesquisas que levem a melhorias tecnológicas, racionalização do uso de matérias-primas, maior eficiência e melhor utilização da madeira nativa, a busca de novos mercados tanto nacionais quanto internacionais, são imprescindíveis para o setor madeireiro (TAQUES & ARRUDA, 2016).

Face às crescentes dificuldades para a obtenção de madeira nativa, aliadas à falta de políticas que permitam uma exploração sustentada e racional das florestas tropicais, além da grande demanda de madeira e pressões econômicas para resultados imediatos, justifica o desenvolvimento dessa pesquisa com as espécies *E. coriacea* e *E. truncata*, com o intuito de verificar seu potencial tecnológico para utilização dessa matéria-prima nos diferentes seguimentos da indústria madeireira. Podendo inclusive ser utilizada na substituição de espécies nativas tradicionais, com propriedades semelhantes, devido ao contínuo esgotamento dos estoques nativos.

## **2 HIPÓTESE**

O conhecimento das propriedades físicas, mecânicas, comportamento da madeira no processo de usinagem de espécies arbóreas com frequência significativa na floresta amazônica, podem subsidiar a regulamentação do uso de árvore com DAP menor que 45 cm?

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar o desempenho da madeira conhecida como matamatá quanto a sua usinagem para ser empregada no seguimento da indústria madeireira.

### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar as propriedades tecnológicas da madeira (anatômica, física, química e mecânica);
2. Avaliar a trabalhabilidade da madeira para produção de produto;
3. Avaliar as propriedades tecnológicas da madeira para indicação de uso em produtos de alto valor agregado.

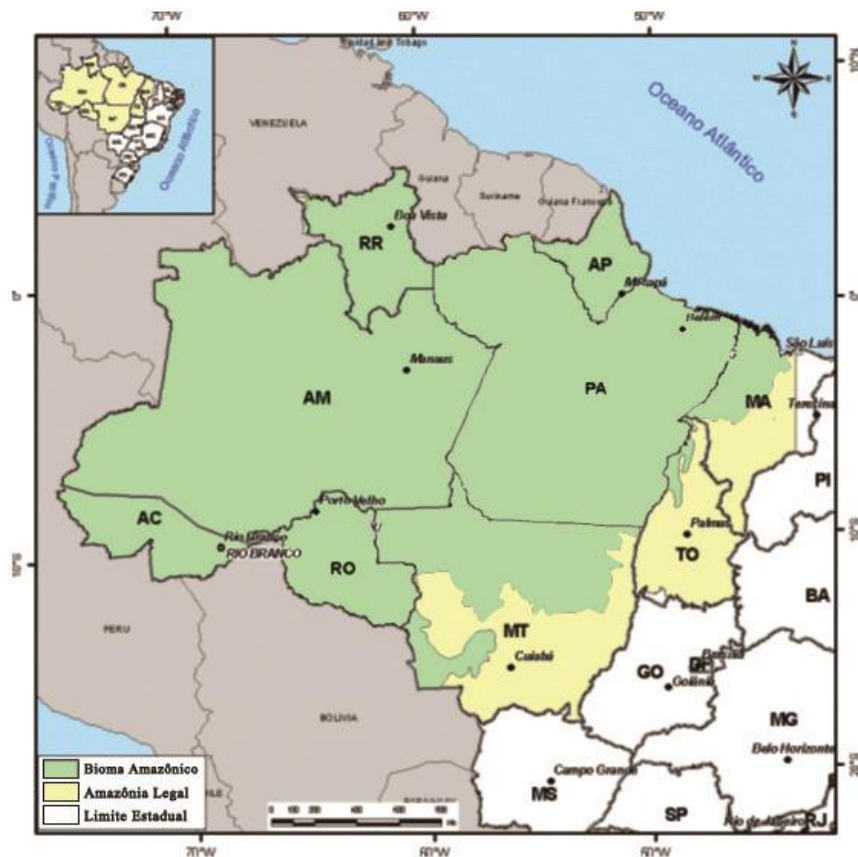


## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 A Amazônia Brasileira

O território brasileiro é coberto por aproximadamente 58% de florestas (naturais e plantadas) - o que representa a segunda maior área de florestas do mundo, atrás apenas da Rússia. O Ministério do Meio Ambiente estima que 69% dessa cobertura tenham potencial produtivo. São estimados 485,8 milhões de hectares de florestas nativas e 9,9 milhões de hectares de florestas plantadas (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB, 2016).

A Região Amazônica brasileira foi adotada de um recorte institucional em 1953, quando foi criada a Amazônia Legal através da Lei número 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Foi incluída toda a Região Norte, abrangendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia, Roraima, Pará e Tocantins; parte dos estados do Maranhão (Nordeste) e Mato Grosso (Centro-Oeste) (BRASIL, 2018a). Os recortes espaciais da Amazônica Legal, Bioma Amazônico e sua intersecção dos estados podem ser visualizados na Figura 1



**Figura 1-** Bioma Amazônico e Amazônia Legal  
Fonte: Elaborado por ABIMCI

A extensão da Amazônia Legal que compreende uma área total de aproximadamente 5.217.423 km<sup>2</sup> e representa 59% do território brasileiro, a ela estão associados variados ecossistemas, matas de terra firme, florestas inundadas, igapós, campos abertos e cerrados, habitados por grande variedade de espécies vegetais e animais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008). O bioma amazônico corresponde a 80% de toda a Amazônia Legal, em sua configuração atual, equivale a área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM.

Com a exaustão dos recursos madeireiros no sul e sudeste do Brasil, a Amazônia passou a ser vista como uma forte fonte de recursos madeireiros para manter e fortalecer o mercado madeireiro do país, com sua grande extensão e riquezas florestais, começou a ser explorada, até em sua maioria de forma predatória, sendo esta uma das causas do alto índice de desmatamento na área. No período de 1988 e 2010 esse índice chegou a cerca de 18% de área desmatada, onde ao todo foram desmatados 37 milhões ha, com média de 1,7 milhão ha/ano. Os Estados que mais desmataram durante esse período foram o Mato Grosso, Pará e Rondônia (ABIMCI, 2009).

Por outro lado, de acordo com dados recentes obtidos pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), o desmatamento na Floresta Amazônica apresentou uma estimativa de queda de 16% entre agosto de 2016 e julho de 2017. Os estados com maior redução são Tocantins, Roraima, Acre e Pará, conferir Tabela 1. Segundo as estimativas do PRODES esses dados comparados com 2004, ano de criação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) a redução chega a 76%, já sendo comparado com 2010 a redução chega a 5% (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

**Tabela 1** - Número estimado de desmatamento pelo PRODES por estado

| Estados               | PRODES 2016 | PRODES 2017 | Variação (%) |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Acre</b>           | 372         | 244         | -34          |
| <b>Amazonas</b>       | 1.129       | 965         | -15          |
| <b>Amapá</b>          | 17          | 31          | 82           |
| <b>Maranhão</b>       | 258         | 237         | -8           |
| <b>Mato Grosso</b>    | 1.489       | 1.341       | -10          |
| <b>Pará</b>           | 2.992       | 2.413       | -19          |
| <b>Rondônia</b>       | 1.376       | 1.252       | -9           |
| <b>Roraima</b>        | 202         | 115         | -43          |
| <b>Tocantins</b>      | 58          | 26          | -55          |
| <b>Amazônia Legal</b> | 7.893       | 6.624       | -16          |

Fonte: Ministério do Meio Ambiente - MMA

Com o aumento e concentração da exploração florestal na região Amazônica, foi necessário criar mecanismos para inibir a exploração madeireira predatória elevada naquela área. Diante disso, surgiram os primeiros projetos voltados para essa finalidade, como os primeiros planos de manejo e a criação do ProManejo (Projeto de Apoio ao Manejo Florestal), com o objetivo de descentralizar o desflorestamento da Amazônia, aumentando as áreas manejadas (VERÍSSIMO, 2005). Para tanto, legislações foram criadas de forma a incentivar a exploração madeireira com base no manejo florestal.

#### 4.1.1 Manejo Florestal

Ao longo dos anos surgiram várias definições sobre manejo florestal, no entanto, a que prevalece até hoje é a definição ditada pela lei nº 12.651/12, onde em seu texto diz que Manejo Florestal Sustentável é a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais (BRASIL, 2018b). Para Higuchi et al. (2006) manejo florestal sustentável é a condução de povoamento florestal aproveitando apenas aquilo que ele é capaz de produzir, ao longo de um determinado período, sem comprometer a sua estrutura natural e ao seu capital inicial. O manejo florestal na Amazônia é disciplinado por um conjunto de Leis, Decretos, Instruções Normativas e Normas de Execução, instituídos no âmbito Federal e Estadual.

Amparado no Artigo nº 225 da Constituição Federal e Resolução CONAMA nº 406/09, de forma geral, quando se refere a manejo florestal a missão de “administrar a floresta” requer conhecimentos prévios das espécies florestais para uso racional, de forma sustentável. Entretanto, quando se trata de floresta Amazônica, a tarefa de selecionar espécies florestais, onde ocorrem múltiplas espécies com distribuições distintas requer análise criteriosa.

O plano de manejo florestal para retirada da madeira é uma prática que envolve o planejamento e o uso de técnicas adequadas que garantam a continuidade da produção, reduzem o desperdício de madeira, além de certificar os produtos florestais com conseqüente valorização perante o mercado mundial (SILVA, 2008).

Segundo o mesmo autor, algumas práticas de extração madeireira na Amazônia geram modelos de desenvolvimento que não levam em conta o uso do plano de manejo florestal e em desrespeito às leis ambientais do Brasil. As principais causas do aparecimento desses modelos

predatórios são a falta de uma política florestal coerente, que incentive o manejo das florestas em bases sustentáveis, e a falta de um zoneamento ecológico-econômico de acordo com as condições de cada região.

Quando uma colheita florestal é planejada e executada com rigorosos critérios técnicos, não só se observa baixo impacto ambiental nos meios físico, biótico e antrópico, como também, ocorre significativa redução nos custos totais da colheita de madeira e isso, por conseguinte, contribui para a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Por outro lado, se a exploração florestal é realizada sem planejamento, de forma intensa e seletiva, ocasiona sua série de problemáticas, transformando florestas de elevado estoque de madeira e valor comercial em florestas degradadas, de baixo valor comercial e de difícil recuperação (PINTO et al., 2002). Inclusive, Coradin & Camargo (2002) acreditam que essa prática de seletividade com relação a comercialização da madeira corrobora para uma prática desleal conhecida atualmente no meio madeireiro, que é a utilização de múltiplos nomes comerciais para uma mesma madeira ou diferentes madeiras comercializadas com o mesmo nome, que na maioria das vezes são espécies aparentemente semelhantes, mas com propriedades tecnológicas diferentes.

Segundo Veríssimo & Barros (2002), a Amazônia Brasileira abriga milhares de espécies de árvores e destas cerca de 350 estão sendo extraída para fins madeireiro. No setor madeireiro a perspectiva de obtenção de resultados a partir da gestão da qualidade é de extrema importância, levando em consideração o seu histórico de atuação, com altos índices de desperdício nas suas atividades produtivas e baixo incremento tecnológico em seus equipamentos. Aliado a isso o conhecimento sobre a indústria madeireira e suas relações com a base florestal é de suma importância para disciplinar o aproveitamento dos recursos estocados, sob o novo paradigma do setor, que é o desenvolvimento sustentável. Isso, aliado ao conhecimento técnico existente, facilitará o entendimento entre o setor produtivo e o Poder Público no cumprimento das normas e leis vigentes. Com isso, as chances de implementar o manejo florestal em regime de rendimento sustentável aumentam consideravelmente (LIMA et al., 2005).

#### 4.1.2 Cenário do Setor Madeireiro na Amazônia

Como a Amazônia passou a ser um grande potencial madeireiro e fonte de negócio, muitas empresas se alojaram na região com o objetivo de explorá-la, isso, no entanto, motivou a criação de zonas madeireiras como forma de organizar e monitorar a exploração na região. Entretanto, zonas madeireiras consiste num aglomerado de polos madeireiros com produção

madeira significativa para a região ou estado. O conceito de zonas madeiras foi criado a partir das pesquisas desenvolvidas pelo Imazon sobre a atividade madeira na região (LENTINI et al, 2005).

Nas pesquisas do Imazon, em 2009 foram identificados na Amazônia Legal 75 polos madeiros em operação. Entretanto, polos madeiros são municípios cujo volume de madeira em tora extraído e consumido é igual ou superior a 100 mil m<sup>3</sup>. O maior número de polos da Amazônia legal se concentra nos estados do Pará, Rondônia e Mato Grosso (IMAZON, 2010), conseqüentemente são os estados que mais exploram madeiras para serrarias e laminação. No ano de 2014 os polos do estado do Pará apresentaram 39% de toda produção, seguido dos estados de Rondônia e Mato Grosso (Tabela 2).

**Tabela 2** - Polos Madeiros - Toras para Serrarias e Laminação 2014

| #            | Estado      | Volume (Mil m <sup>3</sup> ) | %    |
|--------------|-------------|------------------------------|------|
| 1            | Pará        | 4.595                        | 39   |
| 2            | Rondônia    | 3.757                        | 32   |
| 3            | Mato Grosso | 1.320                        | 11   |
| 4            | Amazonas    | 747                          | 6    |
| 5            | Amapá       | 598                          | 5    |
| 6            | Acre        | 352                          | 3    |
| 7            | Maranhão    | 181                          | 2    |
| 8            | Roraima     | 125                          | 1    |
| <b>Total</b> |             | 11.675                       | 100% |

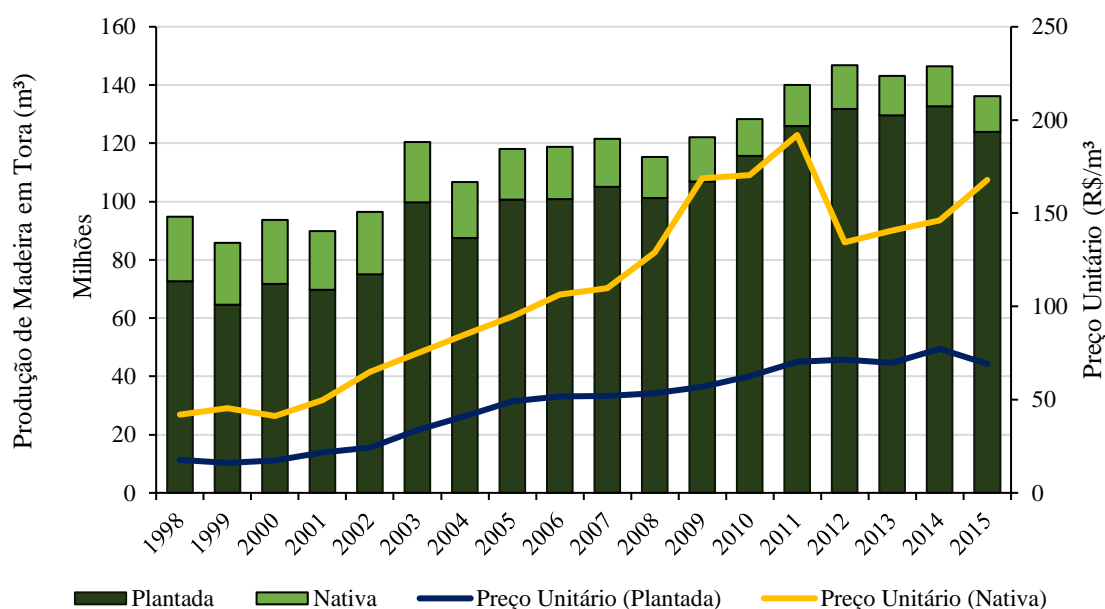
Fonte: IBGE (2015) – adaptado de IMAZON

A região norte do Brasil tem um importante papel no mercado de produtos florestais, sendo o maior fornecedor de produtos madeiros e não madeiros para as demais regiões do Brasil e exterior (SFB & IMAZON, 2010). De acordo com Lima et al. (2005) a região amazônica produz, em torno de 30 milhões de metros cúbicos de madeira tropical em toras por ano, ocupando a terceira posição na produção de madeira tropical, precedido apenas da Malásia e Indonésia (ITTO, 1998).

Em 2009, os polos madeiros se dividiam em diferentes tipos de empresas, do total de 2.227 empresas madeiras em funcionamento, divididas em aproximadamente 66% serrarias, 18% microsserrarias, beneficiadoras somaram 8%, as laminadoras/faqueadoras somaram 6% e as fábricas de painéis somaram pouco menos de 2%. Nesse mesmo ano, essas madeiras extraíram em torno de 14,2 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, que resultou na

produção de 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada, obtendo uma receita bruta estimada em aproximadamente R\$ 4,94 bilhões, gerando cerca de 203.702 empregos diretos e indireto. Entretanto, do total 72% dessa produção era madeira serrada com baixo valor agregado (ripas, caibros, tábuas e similares), 15% foram transformados em madeira beneficiada com algum grau de agregação de valor (pisos, esquadrias, madeira aparelhada, etc.) e os 13% foram utilizados pelas indústrias de laminados e compensados (PRATES & GANDINI, 2012).

Em se tratando de dados econômicos em todo país, pode-se dizer que a produção de madeira em tora vem registrando aumentos desde 2009, alavancados pela produção das florestas plantadas, ao passo que a produção da floresta natural apresenta incrementos menos significativos nos últimos três anos. Esse fato é congruente com a diminuição do desmatamento. A figura 5 mostra que os preços para as madeiras oriundas das florestas naturais tiveram aumento superior aos das plantadas, possivelmente, pressionados pela restrição da oferta sem resposta coincidente da demanda (ABIMCI, 2016).



**Figura 2** - Produção e preços unitários da madeira em tora no Brasil  
Fonte: SFB, 2016

Devido ao seu potencial, o setor florestal brasileiro tem aumentado sua participação no comércio mundial. Por outro lado, o setor encontra dificuldades para expandir seus negócios, especialmente na região Amazônica, devido às restrições impostas pela legislação frente ao apelo ambiental que a região desperta, em resposta a ocupação desordenada (SFB, 2016).

Existem dois modelos de organização industrial no setor florestal no Brasil. De um lado, em especial nos setores de celulose, pinéis reconstituídos, energia, o setor é dominado por

poucas empresas de grande porte, integradas verticalmente da floresta até produtos acabados, que atuam da produção até o comércio. De outro, principalmente na produção de madeira serrada, compensados e móveis, ocorre a existência de um grande número de empresas de pequeno e médio porte, de menor capacidade empresarial. No caso da indústria de móveis, além da variedade no uso de materiais, o setor apresenta uma forte pulverização das preferências dos consumidores, levando a uma redução da escala da demanda e a uma enorme fragmentação do mercado, característica da cadeia produtiva do setor (ABIMCI, 2016).

No estado do Amazonas 52 espécies florestais são consideradas comerciais e processadas pelas serrarias. No setor industrial madeireiro, uma espécie comercial pode envolver mais de um gênero ou mais de uma espécie botânica. Dessas 52 espécies, 16 representaram 80,44% do volume total consumido em 2000. Considerando somente as cinco principais espécies (louro inhamuí, angelim pedra, amapá, assacu e maçaranduba), com cerca de 49,34% do total deste volume (LIMA et al., 2005).

Um estudo realizado pela SEMA/PA, em 2009, registrou que das 58 espécies com volume registrado, apenas 11 espécies - 18,97% (angico-vermelho, ucuíba, orelha-de-macaco, mandioqueiro, goiabão, pau-roxo, sumaúma, uxi, mururé, acariquara e violeta) apresentaram crescimento no volume extraído e comercializado em relação a 2008. As demais diminuíram o volume de produção transportado. Estas espécies, que antes não tinham expressão comercial na forma de madeira serrada, passaram a conquistar uma importante parcela do mercado doméstico para a indústria da construção civil e de artefatos diversos no Brasil (SANTANA et al., 2010).

#### **4.2 Gênero *Eschweilera***

As Lecythidaceae possuem grande diversidade e dominância em toda a América do Sul, podendo ser encontradas em diferentes sítios. Na Amazônia Central as Lecythidaceae alcançam sua máxima expressão nas terras baixas, em florestas não-inundáveis denominadas terra firme, o ambiente predominante na Amazônia (MORI, 2001). Na estação experimental de silvicultura Tropical (EEST-ZF-2) destaca-se a Lecythidaceae como a família com maior índice de valor de importância (IVI) tanto em floresta não perturbada como em floresta atingida por distúrbios naturais. Esses dados comprovam a alta abundância dessa família nas florestas da Amazônia Central (DURGANTE, 2012). A floresta entorno do Rio Negro (Amazônia) é a região que concentra o maior número de espécies e indivíduos de Lecythidaceae em todo o mundo (MORI, 2001).

Dentre os 25 gêneros conhecidos da família Lecythidaceae o mais numeroso é *Eschweilera* (matamatá), com 85 espécies conhecidas. Pouco mais de 50% das espécies neotropicais são vistas na Amazônia, sobretudo na Amazônia central (MORI, 2001). Espécies de *Eschweilera* podem atingir mais de 37 m de altura quando adulta, sendo árvores decíduas de dossel a subdossel e destaca-se por sua distribuição agregada, apresentando elevada densidade populacional nas áreas de ocorrência (AMÂNCIO, 2006). Um fato crítico encontrado nessas espécies gira entorno de sua morfologia, uma vez que, devido a semelhança morfológica entre as espécies cria dificuldade em distinguir e identifica-las.

A exemplo disso, cita-se *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A Mori que é frequentemente confundida com *Eschweilera truncata* A.C.Sm devido às semelhanças nos caracteres vegetativos, esta confusão acontece porque ambas as plantas têm casca muito marrom escuro e folhas bem parecidas, porém é possível diferencia-las por várias características divergentes (MATTA & SCUDELLER, 2012). Mori et al. (2001) em um inventário de Lecythidaceae em uma área de 100 hectares na Amazônia central relataram dificuldade em separar *E. truncata* de *E. coriacea*. Já Mori & Prance (1990) classificaram *E. truncata* A C. Sm como sinônimo de *E. coriacea* (DC.) S.A Mori, porém Matta & Scudeller (2012) demonstraram as diferenças entre estas duas espécies e indicaram a necessidade de re-validar *E. truncata* como espécie.

*Eschweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori é uma espécie de ocorrência na região amazônica, tanto em florestas de terra firme como periodicamente inundadas, encontrando-se, além do Brasil, nas Guianas, Venezuela e Colômbia. Esta espécie possui indivíduos com altura de 15–35 m, copa mais ou menos globosa e densa, tronco ereto e cilíndrico, 50-90 cm. São árvores tolerantes à sombra quando jovens e tornam-se tolerantes à luz solar direta à medida que envelhecem, preferem terras férteis e argilosas (LORENZI, 2002). *Eschweilera coriacea* é uma espécie madeireira, classificada como pioneira de crescimento lento. Está inclusa na lista das espécies arbóreas e arbustivas de interesse econômico na Amazônia Ocidental como nativa Amazônica utilizada para fins madeireiro e alimentício (CALVI & FERRAZ, 2014).

Steege et al. (2006), em um estudo ecológico de florestas em larga escala na planície amazônica (Amazônia e Guianas), classificaram a família Lecythidaceae como terceira em número total de árvores, e a espécie *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A Mori foi classificada como a mais abundante de todas as espécies de árvore no estudo. Steege et al. (2013) enfatizam que *E. coriacea* foi a única espécie dominante em todas os seis tipos de floresta estudadas, esteve presente em aproximadamente 50% das parcelas, foi a espécie mais abundante e amplamente distribuída na bacia Amazônica e Guianas.



As espécies do gênero *Eschweilera* conhecidas como matamatá não atingem grandes classes diamétricas comparadas as espécies comumente exploradas no setor madeireiro, porém apresenta densidade populacional elevada. E apresenta comportamento de estabilidade na recomposição florestal, ou seja, se essas espécies forem manejadas, terão capacidade de suportar e recuperar o estoque retirado na colheita (REIS et al., 2014; REIS et al., 2016).

Amparados pela resolução 406/09 do CONAMA, pela Instrução Normativa 05/06 do IBAMA, resolução 17/13 do SDS-AM, de forma geral, quando se refere ao diâmetro mínimo de corte (DMC) para os planos de manejo florestal sustentável, fica estabelecido o DMC de 50 cm para todas as espécies para as quais ainda não se estabeleceu o DMC específico.

**Parágrafo único.** Poderá ser estabelecido um Diâmetro Mínimo de Corte menor que 50 cm, por espécie comercial manejada, mediante estudos que observem as diretrizes técnicas disponíveis, considerando conjuntamente os aspectos seguintes:

- I - Distribuição diamétrica do número de árvores a partir de 10 cm de Diâmetro à Altura do Peito (DAP), obtida em inventário florestal realizado em cada UPF, com limite de erro de até 10% da média e probabilidade de 95%;
- II - As características ecológicas que sejam relevantes para a sua regeneração natural;
- e,
- III - o uso a que se destinam.

O mercado de madeira tropical está apresentando uma nova dinâmica com o comércio de “madeiras brancas”, que está em pleno processo de desenvolvimento. Algumas que não tinham expressão no mercado passaram a serem descobertas e aceitas em função das mudanças na coloração das pranchas quando secas ao sol (cor amarelada, marrom e vermelha). Sua utilização está aumentando na indústria de móveis, construção civil e artefatos de madeira em substituição às madeiras como o Cedro, Cedrorana e Tauari. Este momento está criando uma oportunidade para a comercialização de novas espécies de madeira, algumas desconhecidas do mercado e outras que eram destinadas a indústria de laminado e compensado, no mercado de móveis, artefatos e da construção civil (SANTANA et al., 2010).

Por outro lado, devido ao tradicionalismo existente no setor madeireiro somado ao desconhecimento de tecnologias para o corte de madeiras duras, cria-se uma limitação em introduzir novas espécies no mercado. Ocasionalmente a exaustiva repetição da escolha das mesmas espécies para serem comercializadas, porém, essa extração em massa acaba contribuindo para o aumento do desmatamento e extinção de espécie madeira.

Por conseguinte, é importante identificar o potencial tecnológico da madeira, para subsidiar a escolha da espécie com a madeira adequada para um determinado uso, devem-se levar em conta quais as propriedades requeridas para cada utilização, por exemplo, a cor e o

desenho da madeira que o mercado reconhece como satisfatório. Essas propriedades são as propriedades físicas, mecânicas e química da madeira (IPT, 2003). 99111-3940

### **4.3 Propriedades da Madeira**

Na floresta amazônica há uma infinidade de espécies madeireiras, com uma grande amplitude de propriedades, cores e desenhos que permitem usos em diversos tipos de produtos, desde móveis até a construção civil. Porém, há uma demanda por poucas espécies em função de fatores culturais e de desconhecimento do potencial de espécies não tradicionais (LUCAS FILHO & BOEHS, 2007).

A dificuldade de reconhecimento e distinção de espécies com características semelhantes e a necessidade de abastecimento do mercado faz com que diferentes espécies sejam agrupadas em categorias com propriedades e aparência comuns. No mercado interno o agrupamento de espécies é praticado, porém de maneira não técnica e sem o conhecimento do consumidor final. A vantagem dessa estratégia é a utilização de várias espécies para um determinado uso, mas a forma como essa seleção de espécies está ocorrendo é inapropriada (IPT, 2003) e pode causar danos à floresta, pela retirada de espécies com baixo rendimento ou população pequena na área.

O conhecimento das propriedades da madeira, assim como de qualquer outro material (ex.: aço, cimento, plásticos, polímeros), é o pré-requisito básico para sua correta utilização. Para IBAMA (1997), a caracterização tecnológica de madeiras pouco conhecidas disponibiliza dados essenciais que incentivam a introdução destas espécies nos mercados nacional e internacional, oferecendo alternativas àquelas espécies cujas reservas estejam se esgotando. Além disso, possibilita colocar no mercado um volume adicional de matéria-prima a preço mais competitivo, reduzindo a exploração seletiva e o desperdício.

A madeira é um material lenhoso, heterogêneo por ser formado por células dispostas nos sentidos longitudinal e radial, ligados pela lignina para sustentação do tronco. Durante o crescimento da árvore estas células passam por vários estágios de desenvolvimento, influenciados por fatores genéticos, edáficos, climáticos, silviculturais e geográficos, que contribuem para as variações de suas propriedades, entre e dentro da árvore (ZOBEL & BUJTENEN, 1989).

#### 4.3.1 Propriedades anatômicas da madeira

O processo de identificação científica de uma amostra de madeira é complexo e se processa em várias etapas. A primeira é uma análise da amostra em relação a cor, cheiro, gosto, textura, grã, brilho, densidade e desenho, caracterizando as suas propriedades organolépticas. Em seguida, as superfícies transversal e tangencial devem ser polidas com navalhas para a visualização das características anatômicas: anéis de crescimento, vasos, parênquimas, porosidades, tamanho de raio, presença de estratificação e arranjo de vasos, caracterizando a análise macroscópica. Algumas madeiras precisam de análises microscópicas para complementar informações, como composição do raio, presença de células oleíferas, placas de perfuração, fibras septadas (COSTA, 2004).

Segundo Burger & Richter (1991), o conhecimento da anatomia da madeira é importante porque pode prever utilizações adequadas de acordo com suas características, bem como prever e compreender o comportamento da madeira quanto da sua utilização.

##### **Propriedade organolépticas - Inclinação da grã**

A grã da madeira se relaciona as direções gerais das fibras e de outros elementos da madeira. O desvio ou inclinação da grã é descrito como o ângulo entre a direção das fibras e o eixo de orientação da árvore ou da peça de madeira (ASTM D 245-81).

Desvios muito acentuados da direção das fibras causam empenamento nas peças de madeira durante a secagem, além de diminuir sensivelmente a resistência mecânica. De acordo com Furiati (1981), para peças submetidas à compressão paralela, o efeito da inclinação da grã é mais significativo, pois originando elementos de tensão que agem em direções nas quais a madeira apresenta menor resistência. Segundo este mesmo autor os efeitos da inclinação da grã sobre as características de resistência, são mais significativos do que sobre as características de elasticidade.

A orientação da grã em uma árvore surge das mais diversas influências em que a árvore é submetida durante o seu processo de crescimento, culminando em grande variação natural no arranjo e na direção dos tecidos axiais, originando vários tipos de grã:

Grã direita ou reta: Considerada normal, apresenta tecidos axiais orientados paralelamente ao eixo principal do fuste da árvore ou da peça de madeira. Este tipo de grã é apreciado, pois normalmente está associado à elevados valores de resistência mecânica, facilidade de desdobro e processamento e não provoca deformações indesejáveis por ocasião da secagem.

Grãos irregulares: Tipo de grã cujos tecidos axiais apresentam variações na inclinação em relação ao eixo principal do fuste da árvore ou das peças de madeira. As Grãos podem ser:

1- Grã espiralada: Determinada pela orientação espiral dos elementos axiais constituintes da madeira em relação ao fuste da árvore. Em árvores vivas, sua presença pode ser muitas vezes visualizada pela aparência espiralada da casca, podendo, no entanto, estar oculta sob uma casca de aspecto normal. A existência deste tipo de grã traz sérias consequências para a utilização da madeira sobretudo para fins estruturais, devido à diminuição da resistência mecânica, aumento das deformações de secagem e dificuldade para se conseguir um bom acabamento superficial.

2- Grã entrecruzada: A existência deste tipo de grã ocorre especialmente quando a direção da inclinação dos elementos axiais se altera entre os períodos de crescimento da árvore. Este tipo de grã não reduz em demasia a resistência mecânica da madeira, mas é responsável por um aumento das deformações de secagem e da dificuldade para se conseguir um bom acabamento superficial. Apesar dos problemas supracitados, madeira com grã entrecruzada pode ser valorizada sob o ponto de vista estético, pelo desenho e variação no brilho apresentados na superfície.

3- Grã ondulada: Neste tipo de grã os elementos axiais do lenho alteram suas direções, apresentando-se na madeira como uma linha sinuosa regular. As superfícies longitudinais apresentam faixas claras e escuras, alternadas entre si e de belo efeito decorativo. As consequências para a utilização prática da madeira são as mesmas da grã entrecruzada.

4- Grã inclinada, diagonal ou oblíqua: Neste caso, as peças de madeira são provenientes de fustes excessivamente cônicos, de crescimento excêntrico, etc. Este tipo de grã afeta significativamente as propriedades tecnológicas da madeira, sendo que, quanto maior o desvio, menor a resistência mecânica e mais acentuada a ocorrência de deformações por efeito da secagem.

### **Propriedade organoléptica - Textura**

A textura refere-se ao efeito produzido na madeira, devido às dimensões, distribuição e porcentagem dos diversos elementos estruturais constituintes do lenho. Nas angiospermas este efeito é determinado principalmente pelos diâmetros dos vasos e pela largura dos raios, enquanto nas gimnospermas o efeito se dá pela maior ou menor nitidez, espessura e regularidade dos anéis de crescimento. De acordo com o grau de uniformidade, a textura pode ser:

Textura grossa ou grosseira: São as que possuem poros grandes e visíveis a olho nu, geralmente com diâmetro tangencial maior que 250  $\mu\text{m}$ , parênquima axial abundante ou raios lenhosos largos.

Textura fina: presente em madeiras cujos elementos possuem dimensões muito pequenas e se encontram distribuídos principalmente na forma difusa no lenho, parênquima escasso e tecido fibroso abundante, conferindo à madeira uma superfície homogênea e uniforme.

Textura média: aparência intermediária entre a textura grossa e a textura fina. Nas gimnospermas, quando o contraste entre as zonas do lenho inicial e lenho tardio é bem marcante, a madeira tem constituição heterogênea e é classificada como de textura grossa, como no caso da madeira de *Pinus elliottii*. Por outro lado, se o contraste for pouco evidente ou indistinto, a sua superfície será uniforme e a classificação será de textura fina, como é o caso do Pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*).

Para Slooten (1993), a maioria das madeiras Amazônicas apresenta textura uniforme, diferente das muitas madeiras europeias e norte-americanas.

#### 4.3.2 Propriedades Físicas e Mecânicas

As propriedades físicas das madeiras são importantes para definir os fins a que serão destinadas. Aliadas a outros aspectos (econômicos, estéticos, durabilidade, trabalhabilidade, entre outros) e de acordo com suas propriedades, as madeiras podem ser classificadas e agrupadas em usos aos quais se mostram mais adequados. Já as propriedades mecânicas da madeira podem ser definidas como a expressão do seu comportamento sob a influência de uma força aplicada (KOLLMANN & COTÊ, 1968), da forma como é aplicada e variam com a espécie da madeira, com a direção da força à qual é submetida e com o teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) (TSOUMIS, 1991).

#### **Densidade da madeira**

A densidade ou massa específica constitui uma das propriedades mais importantes da madeira, pois dela dependem outras diversas características do lenho. O conhecimento da densidade serve como uma informação útil sobre a sua qualidade, servindo na prática como uma referência para a classificação da madeira (MORESCHI, 2012). Dentre outras formas, a densidade pode ser definida como sendo a relação entre o peso da madeira seca em estufa e o

seu volume obtido acima do ponto de saturação das fibras (KOLLMANN & CÔTÉ, 1968). O seu estudo vem sendo largamente realizado por ser este parâmetro, de simples determinação além da sua correlação com outras propriedades da madeira. Por essas determinações, a mesma apresenta grande importância comercial, pois o produto final desejado e a tecnologia a ser empregada dependem diretamente da densidade, ou seja, para o setor florestal, a escolha da madeira a ser utilizada, se de alta, média ou baixa densidade, vai depender da necessidade específica do setor industrial (MOUTINHO et al., 2012).

A madeira é um material heterogêneo e muito variável. A densidade básica, entre outras propriedades, varia entre árvores e dentro da própria árvore, no sentido longitudinal e radial do tronco, entre cerne e alburno, entre madeira juvenil e adulta e dentro do mesmo anel de crescimento, entre o lenho inicial e lenho tardio. Essa diferença observada dentre árvores deve-se às diferentes dimensões e à quantidade de componentes extratáveis por unidade de volume. Estes fatores, por sua vez, são influenciados por idade, genótipo, índice de sítio, localização geográfica e tratos culturais, entre outros (KOLLMANN & CÔTÉ, 1968).

Pádua et al. (2015) destaca que, a densidade básica é considerada um dos mais importantes índices de qualidade da madeira para os mais diversos usos, por ser de fácil determinação, possuir alta herdabilidade e se relacionar com um número muito grande de outras propriedades. Contudo, é importante ressaltar que, em função da alta relação com outras propriedades da madeira, a densidade básica não deve ser utilizada como índice de qualidade de forma isolada.

A densidade da madeira pode ser utilizada de três maneiras, densidade básica (definida pela relação entre a massa seca e volume saturado), densidade aparente (relação entre a massa e o volume nas mesmas condições de umidade) e densidade a 0%. Pode ser classificada em três classes (MELO et al., 1990).

| <b>Classes</b>               | <b>Densidade</b> |
|------------------------------|------------------|
| $\leq 0,50 \text{ g/cm}^3$   | <b>Leve</b>      |
| $0,51 - 0,72 \text{ g/cm}^3$ | <b>Média</b>     |
| $\geq 0,73 \text{ g/cm}^3$   | <b>Alta</b>      |

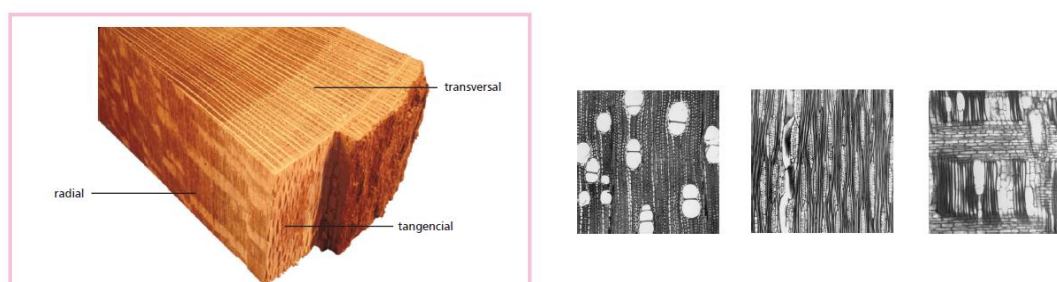
Fonte: melo et al (1990)

## Estabilidade dimensional

A Estabilidade dimensional diz respeito às contrações e ao inchamento da madeira, ou seja, troca de umidade do material com o meio que o envolve, até que seja atingida uma condição de equilíbrio. As características de retração da madeira são bastante diferentes entre as espécies, dependendo do modo de condução da secagem e do próprio comportamento da madeira (REZENDE & ESCOBEDO, 1988). A retratibilidade exprime a intensidade de encolhimento da madeira durante a secagem, a perda de água das paredes das fibras faz com que elas diminuam de secção, o que provoca contrações na madeira. Essas contrações, em princípio, variam com as espécies (TRIANOSKI et al., 2013).

A retratibilidade é o fenômeno da variação dimensional da madeira, quando há alteração no seu teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF). O princípio da retratibilidade se deve ao fato de as moléculas de água estarem ligadas por pontes de hidrogênio às microfibrilas dos polissarídeos que formam a madeira, quando estas são forçadas a sair, deixam um espaço, forçando as microfibrilas a se reaproximar, causando a contração da madeira. A expansão ocorre em um fenômeno inverso. Quando a água absorvida pela madeira, penetra entre as microfibrilas, causa o afastamento delas e o conseqüente inchamento da peça. As que apresentam baixa retratibilidade são, em geral, muito valorizadas, pois demonstram boa trabalhabilidade e podem ser indicadas para diferentes usos. Os dados referentes a estabilidade dimensional são obtidos por meio de análise dos três diferentes planos ou superfície da madeira (IPT, 1985).

As variações dimensionais da madeira se processam de forma diferente segundo o plano de corte em que se é analisado. As células que constituem a madeira estão arranjadas no caule seguindo diversas direções. Três planos são conhecidos, nos quais a madeira normalmente é analisada. Estes planos ou superfícies são: transversal (também denominado corte transversal), longitudinal radial e longitudinal tangencial (Figuras 3) (CORADIN & CAMARGO, 2002).



**Figura 3** – Plano transversal, radial e tangencial da madeira

Kollmann & Côté Jr (1968), afirmam que a diferença entre a retratibilidade tangencial e a radial pode ser explicada pela influência restritiva dos raios na direção radial e também pelo diferente arranjo helicoidal das microfibrilas nas paredes tangenciais e radiais. A relação entre a contração tangencial e radial é a anisotropia, que é a seguir, descrita em maiores detalhes.

Para Chies (2005), o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). O coeficiente de anisotropia, segundo Nock et al. (1975), é usado como indicação da qualidade da madeira quanto aos defeitos oriundos da secagem.

De forma geral, quanto mais baixa esta razão, próximo de um, melhor é a espécie para marcenaria. Uma anisotropia de contração igual a 1 representa uma alteração igual de dimensões nos sentidos radial e tangencial, situação considerada ideal e que não provocaria formação de tensões internas (DURLO & MARCHIORI, 1992).

O estudo das características da movimentação da madeira tem permitido o aproveitamento de espécies menos estáveis, para obter produtos de alta estabilidade como compensados (GALVÃO & JANKOWSKY, 1984). Coeficientes de anisotropia de contração baixos, oriundos de contração tangencial e radial elevadas, revelam uma madeira com alta instabilidade dimensional (CHIES, 2005).

A Tabela 3, mostra os coeficientes para avaliação da qualidade da madeira segundo sua anisotropia:

**Tabela 3** - Classificação do coeficiente de anisotropia

| <b>Coeficiente de Anisotropia</b> | <b>Qualidade de Madeira</b> |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| > 1,5                             | Madeira muito estável       |
| 1,6 – 2,0                         | Média Baixa                 |
| 2,0 – 2,5                         | Média Alta                  |
| > 2,6                             | Madeira muito instável      |

Fonte: Galvao & Jankowsky (1984)

A estabilidade dimensional e a anisotropia de contração são características indispensáveis para a madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades e exigindo técnicas adequadas de processamento e utilização. Dessa forma o estudo e o conhecimento do comportamento destas alterações em diferentes espécies são essenciais para a correta indicação e utilização no processo industrial da madeira.



### **Poder calorífico da madeira**

O poder calorífico expressa a capacidade de geração de energia de um combustível durante a sua combustão. A unidade utilizada para combustíveis sólidos é a kcal/kg. Para combustíveis gasosos é Kcal/m<sup>3</sup>. Sua determinação pode ser teórica pelo conhecimento da composição química do combustível ou experimental com o auxílio da bomba calorimétrica. (NASCIMENTO et al., 2006).

### **Módulo de elasticidade dinâmico (MOED)**

Se determinada carga é aplicada em um material sólido, ocasionando sua deformação e este retornar sua forma original após a remoção dessa carga, diz então, que o material sofreu processo de elasticidade. As propriedades elásticas (reversíveis) são características de corpos sólidos, observadas quando a deformação causada pela carga aplicada se situa abaixo do limite proporcional de elasticidade; quando a carga se situa acima deste limite, ocorrerão também deformações plásticas (irreversíveis), seguidas pela ruptura do material (MORESCHI, 2012).

O módulo de elasticidade é determinado como o valor recíproco da relação entre a deformação elástica total e a carga aplicada através de ensaios de flexão estática, de tração ou de compressão. Este é bastante variável e depende da espécie da madeira, da umidade e da direção da força à qual é submetida. O módulo de elasticidade é muito importante para dimensionamento de peças que estarão sujeitas a esforços de flexão ou de compressão em colunas longas (NASSUR et al., 2013).

O módulo de elasticidade dinâmico é determinado utilizando a frequência de ressonância tanto no modo de flexão ou de vibração longitudinal do material (ASTM, 2009).

Segundo Wang et al. (2007), significativos esforços vêm sendo direcionados para o desenvolvimento de uma tecnologia consistente de avaliação não destrutiva, capaz de prever com eficácia propriedades intrínsecas da madeira. Stangerlin et al. (2008) afirmam que o uso de ferramentas com tecnologias acústicas tornou-se expressivamente aceitável nas indústrias de produtos florestais, para o controle de qualidade e classificação de produtos em linha de produção.

A vantagem que o método não destrutivo apresenta sobre o método tradicional é: i) a possibilidade de utilização posterior da peça testada; ii) a rapidez de aplicação do método; iii) a confiabilidade dos valores apresentados que permitem o sortimento peça a peça; e iv) uma

garantia das suas propriedades físico-mecânicas individuais e do conjunto de peças. Esses fatores contribuem para uma economia financeira e de matéria-prima (PUEHRINGER, 2002).

Chies & Matos (2003) citam algumas técnicas não destrutivas que recebem crescente atenção de pesquisadores ligados ao setor industrial, tais como, emissão acústica, métodos elétricos, métodos magnéticos, radar, métodos sônicos, métodos esclerométricos, termografia, tomografia acústica e ensaios ultrassônicos.

#### 4.3.3 Composição química da madeira

Os componentes químicos da madeira podem ser compreendidos em dois grandes grupos: componentes de alta massa molecular que são a celulose, as hemiceluloses e a lignina, e os componentes de baixa massa molecular que são os extrativos e materiais inorgânicos (PANSWIN & ZEEUW, 1980). A análise química é muito importante no estudo da qualidade da madeira, uma vez que algumas propriedades físicas e mecânicas têm relação estreita com sua morfologia e composição química (TRUGILHO et al., 1977 citado por RODRIGUES & SANTANA, 2008).

Morais et al. (2005) citam que os extrativos, considerados constituintes secundários, são compostos químicos que não fazem parte da estrutura da parede celular. São solúveis em água ou em solventes orgânicos neutros e estão presentes principalmente na casca. De baixa massa molecular e somando pequenas quantidades, eles englobam óleos essenciais, resinas, taninos, graxas e pigmentos.

De acordo com Barreiros (2006), os extrativos da madeira compreendem um grande número de componentes, os quais, ao contrário da maioria dos polissacarídeos e da lignina, podem ser retirados utilizando-se solventes, e sendo, geralmente, classificados de acordo com o tipo de solvente utilizado, a exemplo dos extrativos solúvel em água e extrativos solúveis tais como etanol, tolueno, acetona, diclorometano, éter etílico e tetracloreto de carbono.

Os extrativos influenciam em algumas propriedades das madeiras, por exemplo, o odor e a coloração típica de muitas madeiras se devem aos extrativos, e estes também influenciam no consumo de reagentes nos processos químicos de utilização da madeira e na permeabilidade (SANSÍGOLO, 1994 citado por BARREIROS, 2006).

A lignina é uma macromolécula de estrutura complexa constituída de um polímero formado por ligações cruzadas. A lignina é responsável, em parte, pela resistência mecânica das madeiras e funciona também como suporte para dispersão dos metabólitos excretados pelas células. (WARDROP, 1971 citado por MORAIS et al., 2005).

Silva et al. (2014) cita que a lignina confere propriedades de rigidez e resistência à madeira. O conhecimento do teor deste componente é fundamental para produção de energia e carvão vegetal, pois a lignina apresenta alto poder calorífico (6.100 kcal/kg) e há fortes evidências de que contribui significativamente para a formação do carbono residual, devido à sua estrutura complexa.

A sílica ocorre nas células procumbentes, na forma de corpos arredondados e amorfos, os quais aumentam de tamanho no sentido do alburno para o cerne (PANSWIN & DE ZEEUW, 1980). Os mesmos autores afirmam ainda, que das várias espécies do gênero *Eschweilera* estudadas foram encontrados mais de 2% de sílica.

Segundo Rodrigues & Santana (2008), o conhecimento prévio do teor de sílica existente em tais espécies é, sem dúvida, muito útil ao desenvolvimento de melhores estratégias de processamento industrial da madeira. Além disso, elevados teores de sílica na madeira têm se revelado indicativos de maior resistência a organismos marinhos.

#### **4.4 Processo de Usinagem**

Os testes de usinagem são feitos para determinar a qualidade da trabalhabilidade e características de diferentes espécies de madeira e de diferentes materiais de painel de madeira sob uma variedade de operações de máquinas, como são encontrados na prática de fabricação comercial. Os testes fornecem uma base sistemática para comparar o comportamento de diferentes produtos em relação às operações da máquina e avaliar seu potencial para certos usos, onde essas propriedades são de primordial importância (ASTM, 2011).

Para as indústrias madeireiras o conhecimento das propriedades da madeira é fundamental para garantir qualidade do produto e a otimização do uso da matéria prima, principalmente, quando se refere ao uso de espécies nativas da Amazônia, que apresentam diversidade em suas características tecnológicas. O conhecimento básico das propriedades de uma espécie durante o processo de usinagem proporciona uso adequado, contribui para melhor aproveitamento da matéria prima, conseqüentemente menor desperdício de madeira. A avaliação da usinagem é de grande importância nas indústrias moveleiras, pois requer a transformação de peças rústicas em decorativas, o que agrega valor ao produto e melhora as qualidades de acabamento nas peças (TAQUES & ARRUDA, 2016).

As atividades de transformação da madeira nas fábricas de móveis caracterizam-se por operações como o destopo, o aplainamento, o corte, a fresagem e as furações. A sequência varia de acordo com a rotina da empresa, da estrutura do produto, do modelo de organização (layout)

e da programação definida, mediante a capacidade produtiva e dos recursos disponíveis (LUCAS FILHO & BOEHS, 2007). Devido à baixa competitividade da indústria de produtos de alto valor agregado no país, diversos estudos estão sendo direcionados para a melhoria dos processos de usinagem da madeira como forma de promover melhorias no sistema produtivo, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência e a competitividade de produtos.

A madeira apresenta propriedades físicas e mecânicas diferenciadas nos planos transversal, tangencial e radial. Como consequência, a usinagem da madeira também será diferenciada nestes planos. Quando o corte é efetuado na direção dos raios, as forças geradas para cortar são aproximadamente 12% maiores que quando o mesmo é efetuado perpendicularmente a estes. A utilização correta e racional da madeira, depende, portanto, do conhecimento não só de suas características físicas e mecânicas, mas também da aptidão à usinagem (TAQUES & ARRUDA, 2016).

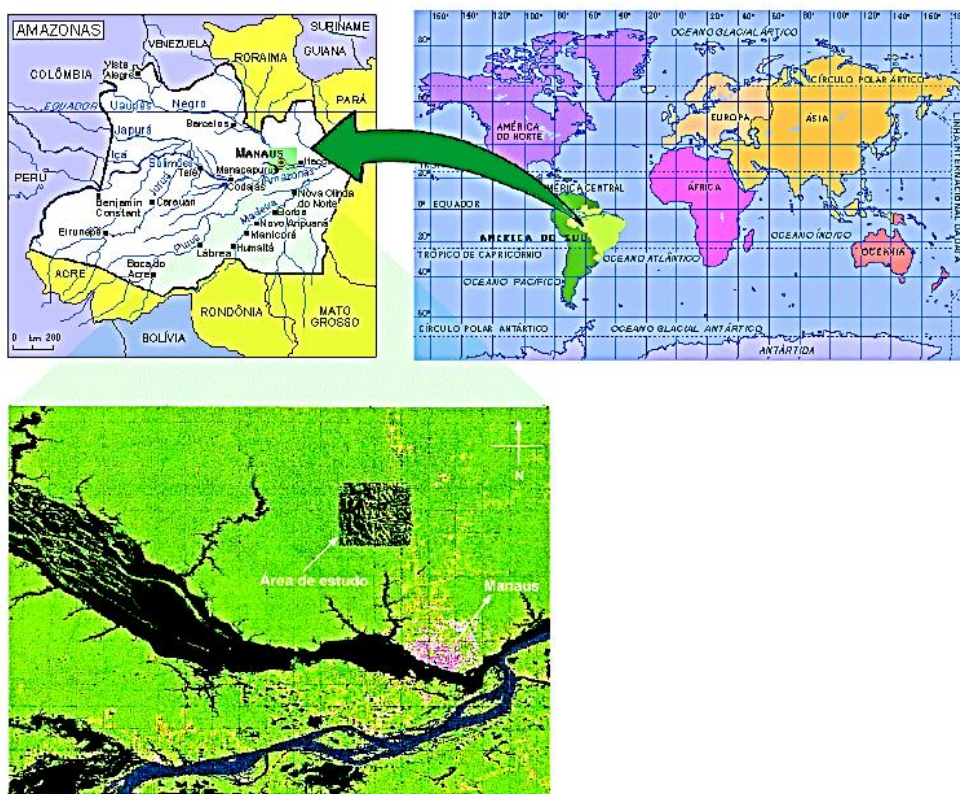
Segundo Carvalho et al. (2010), o entendimento sobre o correto modo de se usar a madeira de uma determinada espécie é importante, pois influencia economicamente a produção, reduzindo perdas com a necessidade da adição de mais uma etapa de usinagem e melhorando o acabamento superficial da madeira, aumentando, assim, seu valor agregado.

Lucas Filho & Boehs (2007), cita a necessidade de gerar alternativas para a melhoria da qualidade dos produtos e da eficiência dos processos de transformação industrial da madeira, o que resultaria em menos desperdício de recursos produtivos, redução dos custos de produção e melhoria da qualidade dos produtos fabricados e uma melhor compreensão das relações de causa e efeito entre as variáveis envolvidas na usinagem da madeira (condições de corte, espécie de madeira, geometria e materiais das ferramentas) necessárias para o correto dimensionamento e planejamento do sistema de fabricação em padrões competitivos de desempenho e eficiência.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Caracterização da Área de Coleta

A área de coleta está localizada na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (E.E.S.T./INPA) - Núcleo ZF-2 -, no km 23 da estrada vicinal ZF-2 que se inicia a esquerda do km 50 da Rodovia BR-174 (Manaus-Boa Vista) Figura 4.



**Figura 4** - Localização geográfica da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (E.E.S.T./INPA) - Núcleo ZF-2

Fonte – [www.inpa.gov.br](http://www.inpa.gov.br)

Esta área é coberta por floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia, ou Floresta Densa Tropical, segundo a classificação RADAMBRASIL. Segundo a classificação climatológica de Köppen o clima da área é do tipo Afi, pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média de 26°C (máxima 39°C e mínima 19°C). A precipitação anual média é de 2.000 mm/ano, sendo a estação chuvosa de dezembro a maio e a estação seca de junho a novembro (PELD, 2015).

## 5.2 Seleção das Espécies e Coleta de material

A pesquisa foi realizada com a madeira do gênero *Eschweilera* conhecida comercialmente por matamatá. As espécies deste gênero foram selecionadas de acordo com o banco de dados existentes no laboratório de Manejo Florestal- LMF do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA com base nos inventários realizados nos municípios do Estado do Amazonas, adotando como critério distribuição e frequência na floresta. De acordo com esses critérios foram selecionadas para a pesquisa as espécies *Eschweilera coriacea* e *Eschweilera truncata*.

Foi explorado um indivíduo de cada espécie, as árvores foram selecionadas de acordo com a qualidade do fuste e facilidade para transporte. A derrubada foi conduzida seguindo as normas estabelecidas para o manejo florestal, tendo tomado nota dos dados de DAP (diâmetro a altura do peito) e altura comercial. A identificação das árvores para exploração foi feita por observação *in loco*, os indivíduos foram pré-identificados por um “parataxônomo” – profissional responsável pela identificação de espécies florestais. Foi retirado um disco de 5 cm da base das árvores (Figura 5) para identificação anatômica e caracterização das propriedades físicas e química da madeira, também foi coletado amostras de material botânico.



**Figura 5** - Amostra de material botânico (A) e Disco da base da árvore (B)

Do fuste comercial das árvores foram extraídas toras de 160 cm, onde posteriormente foram conduzidas ao laboratório de engenharia e artefatos da madeira – LEAM/INPA para proceder com o desdobro das toras. A madeira foi desdobrada em pranchas com dimensões de 5 cm de espessura, 160 cm de comprimento e largura de acordo com o DAP de cada árvore

realizado com auxílio de motosserra, as dimensões extadas de cada prancha foram anotadas em planilhas (Figura 6). As pranchas ficaram armazenadas para secagem.

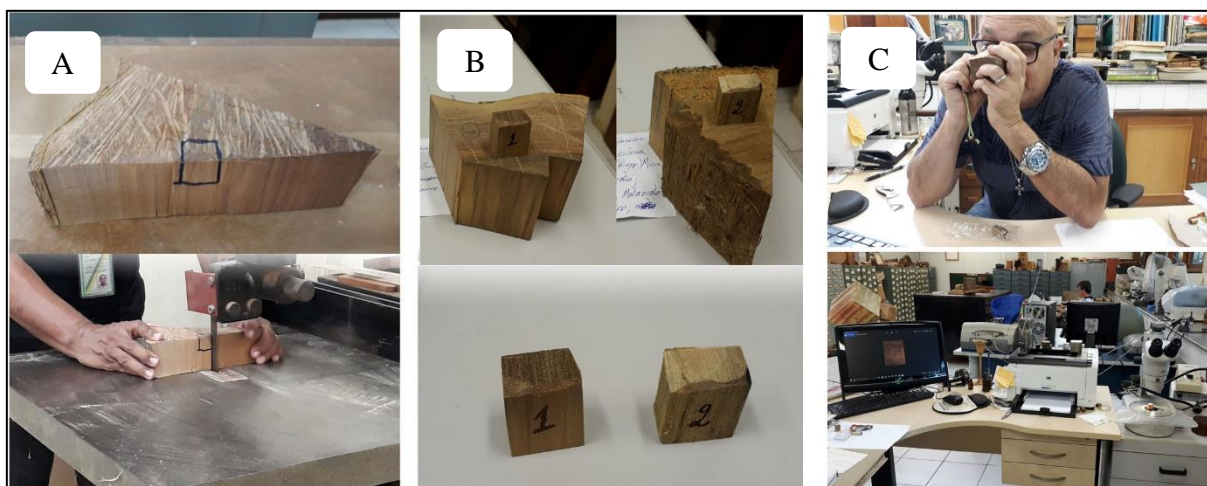


**Figura 6** –Corte das toras (A, B e C) e Desdobro das pranchas (D)

### 5.3 Caracterização Anatômica Macroscópica da Madeira

A caracterização da estrutura anatômica macroscópica foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira – LAM do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. As análises foram efetuadas com base nas técnicas específicas usualmente aplicadas na identificação anatômica macroscópica da madeira, seguindo as orientações contidas nas normas técnicas (COPANT, 1974).

Dos discos da madeira foi retirado uma cunha, onde foram demarcadas pegando parte do albarno e do cerne, para posteriormente preparar os corpos-de-prova orientados nas direções tangencial, radial e longitudinal nas dimensões 1,5 x 2,0 x 3 cm, respectivamente, como mostra a Figura 7.



**Figura 7** –Cunha e preparação corpos-de-prova (A); Corpos-de-prova prontos (B); Observação com lupa e Análise com estereoscópio (C).

A descrição anatômica foi realizada através do método de comparação (confronto), tendo como suporte a Coleção Botânica – Xiloteca / COTI / INPA, onde observou-se principalmente características sensoriais e anatômicas macroscópicas. As estruturas foram analisadas com auxílio de lupa conta fios de 10 x de aumentos e através de análises de imagens, utilizando o estereoscópio equipado com câmera digital e computador com software de análise de imagens Pixel Pro 2.1.

#### 5.4 Propriedade Química da Madeira

Os métodos de análises para química da madeira foram realizados no laboratório de química da madeira no INPA. As análises realizadas foram para determinar o teor de cinza, sílica, extrativos e lignina de cada espécie de acordo com as normas da ASTM e COMPANT.

Do disco da madeira de cada espécie foi retirado determinada quantidade de cavacos, os quais foram homogeneizados em um moinho de facas, e a granulometria de interesse foi obtida fazendo-se a separação das partículas em um sistema de peneiras. O material usado foi aquele que ficou retido na peneira de 60 *mesh*. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos para evitar umidade.

##### 5.4.1 Determinação do teor de cinzas

Foi realizada de acordo com a norma ASTM D1102-84/2013, onde realizou-se os testes em duplicata para cada espécie. Em cadinho de platina foi pesado 1g da amostra, levada em



estufa a 100° C até perda da umidade, posteriormente as amostras foram levadas ao forno mufla para incineração, onde o aquecimento foi conduzido vagarosamente para prevenir que a amostra se inflamasse, esse procedimento ocorreu até atingir temperatura final de 580-600° C, após a pirolise as amostras foram retiradas da mufla, resfriadas em dessecador e pesadas. A amostra foi recolocada na mufla (580-600° C) por um período de 15 min, esse processo de aquecimento e resfriamento das amostras foram repetidos até atingir peso constante (Figura 8).



**Figura 8** - Procedimento para o teste de cinza

O teor de cinza foi determinado pela equação 1:

$$Cinzas (\%) = \frac{P_{Cinza}}{P_S} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$P_{Cinza}$  = Peso da cinza

$P_S$  = Peso da serragem seca

#### 5.4.2 Determinação do teor de sílica (ASTM D1102-84/2013)

Para o teste de sílica foi adicionado ao cadinho contendo cinzas, uma gota de ácido sulfúrico (1:1), em seguida foram aquecida em placa aquecedora, controlando a sua temperatura para evaporação total do ácido (processo realizado em capela), em seguida os cadinho com as amostras foram colocadas na mufla a uma temperatura de 850° C por 10 min, após incineração as amostras foram posta em dessecador pra resfriamento e pesadas em seguida, esse procedimento foi repetido até atingir peso constante. Posteriormente, foi acrescentado 0,5ml de ácido sulfúrico e 0,5ml de ácido fluorídrico, novamente levado a capela em placa aquecedora

até a evaporação dos ácidos, após foram colocadas na mufla a 850° C por 5 min, após incinerada foram resfriadas e pesadas, procedeu-se essa operação até peso constante, como mostra a Figura 9.



**Figura 9** - Procedimentos para o teste de sílica

O percentual de sílica foi determinado pela equação 2:

$$S (\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

S = Teor de sílica

P<sub>1</sub> = Cadinho com amostra (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 850°C) – Peso do cadinho seco

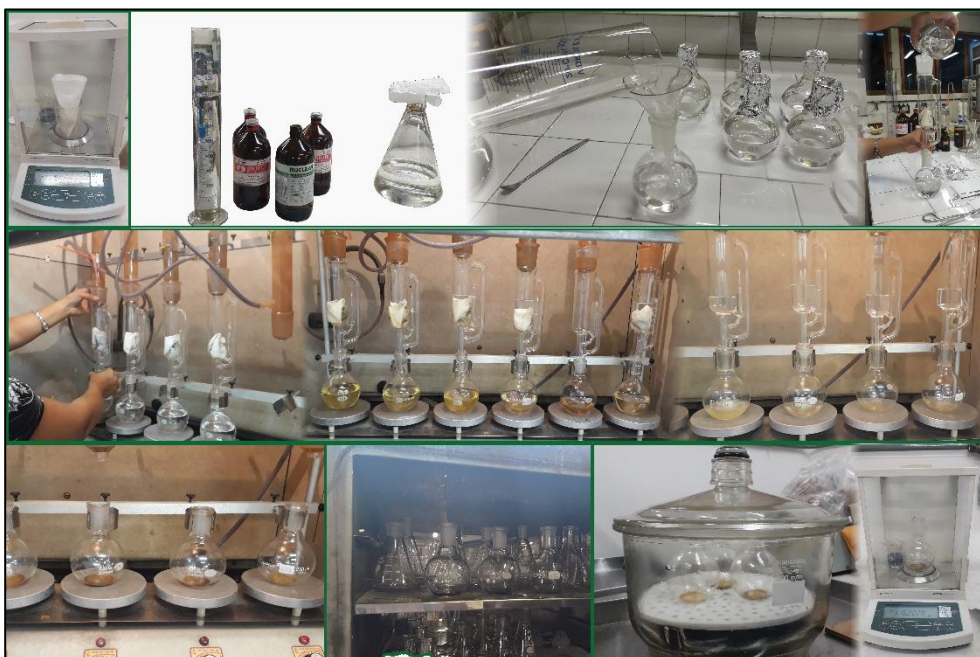
P<sub>2</sub> = Cadinho com amostra (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HF à 850° C) – Peso do cadinho seco

P<sub>0</sub> = Amostra inicial

#### 5.4.3 Determinação do teor de extrativos

O teor de extrativo foi realizado seguindo uma adaptação das normas ASTM D1105-96/2013; D1107-96/2013. O teste foi feito em triplicata utilizando aparelhagem para extração por Soxhlet, foram pesadas 3g de amostra seca, postas em filtro de papel previamente seco. As amostras foram submetidas a extração em dois solventes deferentes: mistura de hexano:etanol (2:1) e etanol. Na primeira extração foi administrado 180 ml da mistura de solventes (hexano:etanol) em cada balão chato com capacidade de 250 ml, a aparelhagem foi armada e a extração foi realizada em um período de 14h, passado o tempo de extração o solvente foi removido dos balões restando apenas o extrativo, onde foram levados a estufa por 2h a 100° C, posteriormente as amostras foram resfriadas e pesadas. Na segunda extração foi administrado 200 ml de etanol nos balões de 300ml, ficando em extração por 8h, passado o tempo o solvente

foi removido dos balões restando somente o extrativo, onde foram levados a estufa por 2h, posteriormente foram resfriados e pesados como mostra a Figura 10.



**Figura 10** - Procedimentos para o teste de extrativo

Para verificar a porcentagem do teor de extrativos foi usada a seguinte equação 3:

$$TE (\%) = \frac{Pf - Pi}{Ps} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

TE = Teor de extrativo

Pi = Peso do balão seco inicial

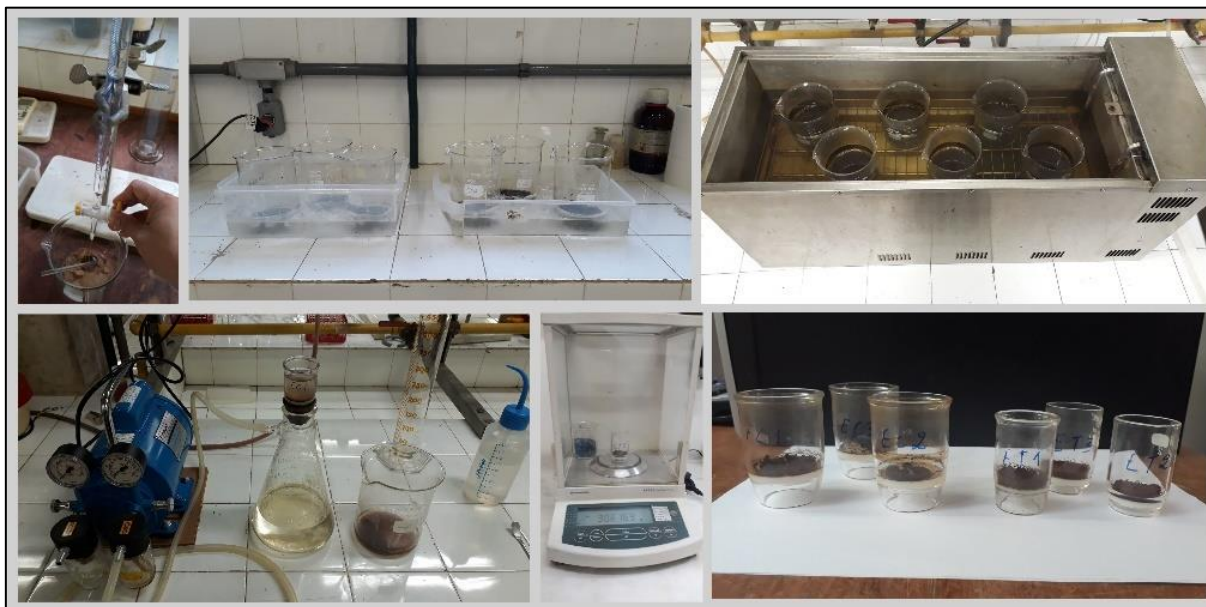
Pf = Peso do balão com extrativo

Ps = Peso da amostra seca livre de umidade

#### 5.4.4 Determinação do teor de lignina

A lignina foi determinada seguindo a norma ASTM D1106-84. Com as amostras livre de extrativos e sem umidade, foram pesados 1g de amostra para cada teste, onde foram realizados em triplicadas para as duas espécies estudadas. As amostras foram transferidas para um Becker e com o auxílio de uma bureta foi administrado 15 ml de ácido sulfúrico (72%), o ácido foi despejado aos poucos e misturado a amostra com bastão de vidro por aproximadamente 1 min. Posteriormente as amostras foram deixadas em banho maria-frio (20° C) por 2h. Passado o período foi acrescentado 560 ml de água destilada e levadas a banho-maria

(fervendo) por 4h, mantendo o volume constante por adição de água destilada. Com o material já resfriado foi filtrado em cadinho de Gooch, lavados com 500 ml de água destilada aquecida. O material foi mantido na estufa a 100° C por 2h, após seco foi resfriado em dessecador e pesado (Figura 11).



**Figura 11** - Procedimentos para o teste de lignina

A percentagem de lignina foi determinada de acordo com a equação 4:

$$Lignina (\%) = \frac{P2}{P1} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

P1 = Peso seco inicial da amostra

P2 = Peso seco de lignina

## 5.5 Propriedade física da madeira

A densidade aparente, densidade básica, retratibilidade e anisotropia foram determinadas utilizando os procedimentos descritos no Anexo B do documento normativo ABNT NBR 7190:1997 e NBR 11941:2003. Devido às limitações impostas pelo diâmetro das toras e de defeitos visíveis na madeira, os corpos-de-prova (amostras) foram confeccionados nas dimensões de 2 x 2 x 3 cm (largura, espessura e comprimento), menores das que foi adotada como diretriz para determinação das propriedades físicas. Antes da demarcação o disco foi polido para melhor observação, posteriormente as amostras foram retiradas em cortes

devidamente orientados com relação as características anatômicas (Figura 12). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia e Artefatos de Madeira – LEAM/INPA. Enquanto que o poder calorífico superior (PCS) foi realizado no laboratório de química da madeira utilizando a norma ASTM D2015-00.



**Figura 12** - Preparação dos corpos-de-prova

### 5.5.1 Determinação da Densidade

As amostras foram colocadas em recipiente com água por 30 dias, a fim de proceder à saturação das fibras para obtenção da massa e volume saturado. Para densidade aparente, o volume foi determinado pelo método estereométrico, com auxílio de um paquímetro digital, mensurando largura, espessura e comprimento da amostra, enquanto que, para a massa saturada utilizou-se uma balança digital com precisão (0,01 g de sensibilidade). A densidade básica foi determinada pelo método de deslocamento de líquido, com auxílio de uma balança digital e um Becker com água. Posteriormente as amostras foram levadas à estufa a uma temperatura de  $\pm 103^{\circ}\text{C}$ , até que atingissem peso constante, para obtenção do peso seco (Figura 13).



**Figura 13** - Ensaios para determinação da densidade e retratibilidade

Para determinação da densidade aparente foi utilizada as equações 5 e 6:

$$U (\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100 \quad (5)$$

Onde:

U = Umidade

$m_i$  = massa inicial da madeira

$m_s$  = massa da madeira seco

$$\rho_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (6)$$

Onde:

$\rho$  = densidade da amostra à 12% (g/cm<sup>3</sup>)

M = massa da amostra à 12% (g);

V = volume da amostra à 12% (cm<sup>3</sup>)

Para determinação da densidade básica foi utilizada a equação 7:

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (7)$$

Onde:

$\rho_b$  = Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)

$m_s$  = massa da madeira (g)

$V_{sat}$  = volume da madeira (cm<sup>3</sup>)

### 5.5.2 Determinação da Retratibilidade e Coeficiente de Anisotropia (CA)

O estudo da retratibilidade foi feito uso dos mesmos corpos-de-prova utilizados na determinação da densidade básica, sendo as dimensões realizadas nas direções radiais e tangenciais, mensuradas com um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm de sensibilidade na condição saturada e seca. Com os dados obtidos foi calculada a retratibilidade das dimensões tangencial e radial pela equação 8.

$$\Delta R = \frac{D_{sat} - D_s}{D_{sat}} * 100 \quad (8)$$

Onde:

$\Delta R$  = Retratabilidade linear (%);

$D_{sat}$  = Dimensão linear na condição saturada (cm);

$D_s$  = Dimensão linear na condição seca (cm).

Tendo os dados de retratabilidade tangencial e radial foi possível determinar o coeficiente de anisotropia para cada uma das espécies estuda. Esse processo é importante, pois de acordo com os resultados é possível determinar o tipo de secagem adequado para cada tipo de madeira. Foi calculada pela relação da contração tangencial e radial, conforme equação 9:

$$CA = \frac{R_t}{R_r} \quad (9)$$

Onde:

CA= Coeficiente de Anisotropia

$R_t$  = Retratabilidade tangencial;

$R_r$  – Retratabilidade radial

### 5.5.3 Determinação do poder calorífico superior

O poder calorífico superior (PCS) foi realizado em base seca, com auxílio de uma bomba calorimétrica (Figura 14) de acordo com a norma ASTM D2015-00. O sistema operacional do calorímetro PARR imprime o resultado da leitura em cal/g.

Foi realizado em triplicata, utilizando a mesma serragem preparada para análises química. A princípio foi realizado pré-testes com o intuito de escolher a quantidade de serragem adequada para cada uma das espécies. Finalmente, foram utilizados os testes com 0,7 g de serragem para *Eschweilera coriacea* e 0,5 g para *Eschweilera truncata*.



**Figura 14** - Calorímetro PARR e amostras para determinação do PCS

## 5.6 Módulo de Elasticidade Dinâmico

O módulo de elasticidade foi realizado pela metodologia não destrutiva por meio de propagação de ondas de tensão com uso do equipamento Stress Wave Timer modelo 239-A, da marca Metriguard. Esse aparelho é composto por um sistema de garras e acelerômetros de partida e chegada e do registrador, que marca o tempo de propagação da onda em microssegundos. Para esse teste foi utilizada 5 amostras de cada espécie contendo cerne e albarno, as amostras tinham diferentes tamanho de comprimento variando de 70,6 a 75,5 cm.

A avaliação consistiu no posicionamento dos transdutores nas extremidades das peças para registro do tempo de propagação de onda, de posse do tempo de propagação da onda e do comprimento do trecho percorrido (Figura 15), foi calculada a velocidade de propagação da onda em cada corpo-de-prova utilizando-se a equação 10:

$$v = \frac{d}{t} \quad (10)$$

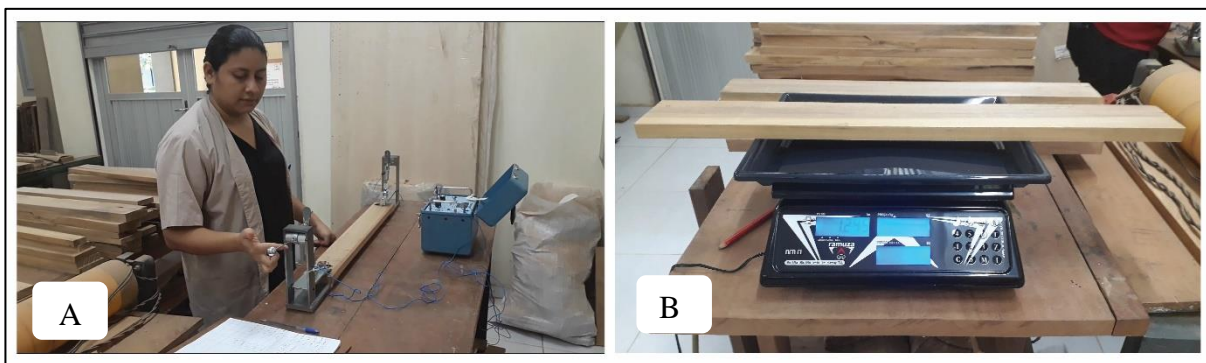
Onde:

V = velocidade de propagação da onda ( $\mu/s$ );

d = distância percorrida pela onda ( $\mu$ ) – comprimento do corpo-de-prova;

t = tempo de propagação da onda ( $\mu s$ ).





**Figura 15** -Ensaio de onda de tensão (A) e peso para obtenção da massa específica da peça (B)

Por meio da velocidade de propagação das ondas de tensão medidas e da massa específica do material, determinou-se o módulo de elasticidade, calculando-o pela equação 11:

$$MOEd = V^2 \times \delta \times \frac{1}{g} \quad (11)$$

Onde:

MOE = módulo de elasticidade dinâmico (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\delta$  = massa específica do material (g/cm<sup>3</sup>)

V = velocidade de propagação da onda (m/s)

g = aceleração da gravidade (9,804 m/s<sup>2</sup>)

## 5.7 Processo de Usinagem

Devido as pranchas obtidas das árvores exploradas não estarem prontas, no que tange ao processo de secagem da madeira, optou-se por utilizar pranchas devidamente secas, pertencentes ao laboratório LEAM. Essas novas pranchas foram identificadas e classificadas de acordo com cada espécie (*Eschweilera coriacea* e *Eschweilera truncata*), para proceder com os testes de usinagem e módulo de elasticidade dinâmico. As pranchas foram beneficiadas em sarrafos utilizando serra circular, essa estratégia foi adotada para ter melhor aproveitamento da madeira, uma vez que o material apresentava defeitos e rachaduras centrais (Figura 16).



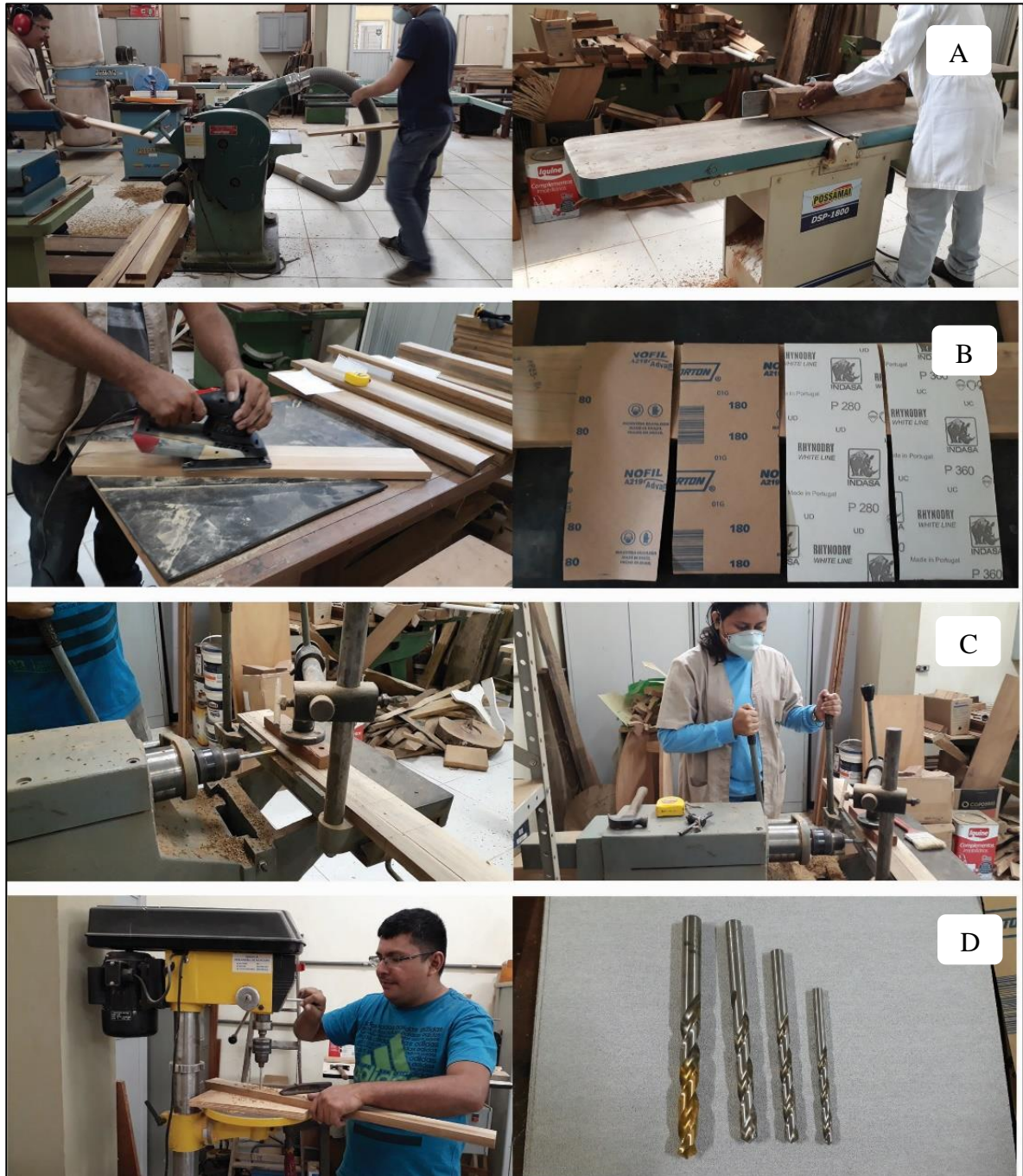
**Figura 16** - (A) Madeira seca; (B) Identificação e (C) Beneficiamento das pranchas

Os testes foram realizados seguindo as orientações da norma ASTM D1666 – 11, com adaptações no que tange ao tamanho das amostras. Foram selecionadas 12 amostras de cada espécie, os testes foram realizados no cerne e alborno para analisar o comportamento da madeira, para isso, foram escolhidas amostras que tinham as duas regiões. Os números de amostras, procedimentos e defeitos avaliados em cada testes estão descritos na Tabela 4, onde somente o processo de aplainamento foi efetuado em todas as amostras.

**Tabela 4** - Procedimentos realizados nos testes de usinagem

| Testes de usinagem          | Número de Amostras                                 |  | Processo  | Defeitos Avaliados   |
|-----------------------------|--|--|---|--|
|                             | <i>E. coriacea</i>                                 | <i>E. truncata</i>                                 |   |  |
| <b>Aplainamento</b>         | 12   | 12   | Foi utilizada plaina desengrossadeira com facas à 45° e corte de 2 mm de profundidade.  | grã arrancada, felpuda/esmagada e queima da madeira                          |
|                             |  |  | Foi utilizada plaina desempenadeira (corte de 1mm).   |  |
| <b>Lixamento</b>            | 4  | 4  | Foi realizado por meio de uma lixadeira manual, utilizando lixas nas granulometrias de 80, 180, 280 e 360 (especificação comercial)   | riscamento de superfície e grã felpuda                                       |
| <b>Rasgo lateral</b>        | 2  | 2  | Foi realizado com auxílio de uma furadeira horizontal que possui avanço manual da profundidade da furação e movimentação lateral da fresa, foram utilizados para esse teste uma broca helicoidal de 8 mm e fresa de 15mm.                           | grã arrancada, felpuda/esmagada e queima da madeira                          |
| <b>Perfuração por Broca</b> | 2  | 2  | As furações foram realizadas utilizando uma furadeira vertical, utilizando brocas helicoidais de aço rápido de 11,5, 10,8,6 mm de diâmetro. Os furos respeitaram uma distância de 25 mm entre si  | presença de grã felpuda, arrancamento de grã e queima da madeira             |
| <b>Perfuração por prego</b> | Mesmas amostras utilizadas na perfuração por broca | Mesmas amostras utilizadas na perfuração por broca | Para o teste de fixação por pregos foram utilizados pregos (especificação comercial). Os pregos foram transpassados nas extremidades dos corpos de prova com auxílio de um martelo, considerando uma distância de 10 mm das bordas e 20 mm entre si | Para este teste a avaliação considerou apenas a aceitação ou não dos pregos. |
| <b>Moldura no topo</b>      | 2  | 2  | Foi realizado em tupia com profundidade de 2 mm   | grã levantada, arrancada e felpuda.  |
| <b>Torno</b>                | 2  | 2  | As peças foram torneadas seguindo um padrão de utilização da mesma ferramenta até apresentarem o contorno bastante próximo ao descrito na norma.  | grã felpuda, grã arrancada e superfície enrugada                             |

Todos os ensaios foram realizados na oficina do LEAM/INPA, por profissionais treinado para o procedimento. A oficina é equipada com maquinário atualmente utilizado pela indústria moveleira, cumprindo com uma das recomendações exigida pela norma, que requer utilizar equipamentos adequados para cada procedimento. Todos os ensaios realizados estão demonstrados na Figura 17 e 18.



**Figura 17** – Aplainamento (A); Lixamento (B); Rasgo lateral (C) e Perfuração por broca (D)



**Figura 18** - Perfuração por prego (A); Moldura no topo (B) e Torno (C)

Após a realização dos testes, as peças foram avaliadas de forma subjetiva, com a apreciação de quatro avaliadores, técnicos do segmento da indústria da madeira do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA e LEAM, aos quais seguindo um critério de notas (Tabela 5) avaliaram o comportamento da madeira, quanto à presença ou ausência de defeitos. A avaliação foi realizada de maneira visual e tato, baseando-se na sensibilidade dos observadores, que compararam as peças com imagens fotográficas existentes na norma ASTM D-1666-11, que serve como parâmetro de avaliação dos resultados obtidos. Posteriormente, as avaliações foram analisadas e pela média das notas dos avaliadores foi obtida a classificação da madeira para cada teste.

**Tabela 5** - Notas aplicadas nas avaliações das peças nos ensaios de usinagem

| <b>Nota</b> | <b>Avaliação</b> | <b>Defeito</b>                       |
|-------------|------------------|--------------------------------------|
| <b>1</b>    | Excelente        | Ausência de defeitos                 |
| <b>2</b>    | Bom              | Presença de menos de 50% de defeitos |
| <b>3</b>    | Regular          | Presença de 50% de defeitos          |
| <b>4</b>    | Ruim             | Presença de mais de 50% de defeitos  |
| <b>5</b>    | Péssimo          | Presença de 100% de defeitos         |

### **5.8 Análise dos Dados**

Os dados obtidos foram analisados por meio da estatística descritiva como média, desvio padrão, coeficiente de variação e a Análise de variância (ANOVA).

### **5.9 Agrupamento das espécies**

Com avaliação das propriedades e dos produtos confeccionados pretende-se propor a inserção das espécies no mercado por meio de análise comparativa com espécies que estão sendo comercializada no mercado. Nesta fase será utilizado banco de dados do laboratório de engenharia de Artefatos de madeira – LEAM de 100 espécies arbóreas da Amazônia, com relação à densidade básica, contração tangencial, contração radial, anisotropia, modulo de elasticidade e usinagem.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Propriedades tecnológicas da madeira

#### 6.1.1 Características gerais da madeira

Pelo fato de algumas características anatômicas serem semelhantes entre as amostras coletadas, principalmente quanto a disposição do parênquima, tornou-se a identificação um tanto difícil, porém analisando de forma minuciosa pode-se verificar que se tratava de espécies diferentes. Entretanto, com os resultados de anatomia e informações da botânica foi possível classificar as duas espécies em *Eschweilera coriacea* (A.DC) Mori e *Eschweilera truncata* A. C. Sm.

Mori et al. (2001), cita que o gênero *Eschweilera* é tido como o maior das Lecythidaceae, com aproximadamente 100 espécies, e também como a mais complexa em termos de identificação, por apresentar características similares, fato este que foi observado nesse estudo. As características gerais da madeira das duas espécies podem ser conferidas na Tabela 6.

**Tabela 6** - Caracteres gerais das espécies *E. coriacea* e *E. truncata*

| Caracteres              | Espécies  |   |
|-------------------------|---|---|
|                         | <i>Eschweilera coriacea</i> (A.DC) Mori   | <i>Eschweilera truncata</i> A. C. Sm  |
| <b>Nome Científico*</b> | <i>Eschweilera coriacea</i> (A.DC) Mori   | <i>Eschweilera truncata</i> A. C. Sm  |
| <b>Nome Comum*</b>      | Matamatá, Mata-matá-preto, Morão-vermelho, Ripeiro  | Matamatá, Matamata-amarelo, Matamatá-branco, Matamatá-ci, Morão-vermelho, Ripeiro |
| <b>Casca</b>            | Externa: áspera, marrom escuro<br>Interna: amarela clara  | Externa: áspera, marrom escuro<br>Interna: creme/castanho                         |
| <b>Cerne (cor)</b>      | Laranja e Marrom claro/escuro   | Marrom claro/escuro e amarelo claro   |
| <b>Alburno (cor)</b>    | Amarelo-pardo   | Amarelo-pardo e acinzentado   |
| <b>Grã</b>              | Direita   | Direita   |
| <b>Textura</b>          | Fina  | Fina  |
| <b>Cheiro</b>           | Pouco desagradável quando recém-cortada   | Não perceptível   |
| <b>Poros*</b>           | Perceptíveis a olho nu, poucos, pequenos à médios; solitários e agrupados; obstruídos por tilose. |   |

|                          |   |                                |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| <b>Parênquima*</b>       | Contrastado, em linhas finas sinuosas, muito aproximadas interrompidas por poros, chegando a formar um retículo uniforme com os raios.        |                                |
| <b>Raios*</b>            | No topo muito finos e numerosos, bem visíveis sob lente, notando-se uniformidade na largura e espaçamento; na face radial visíveis a olho nu. |                                |
| <b>Máculas medulares</b> | Bem definidas   | Visualmente pequenas, escassas |
| <b>Canais secretores</b> | Pequenos e escassos   | Pequenos e escassos            |
| <b>Liber</b>             | Fibroso   | Fibroso                        |

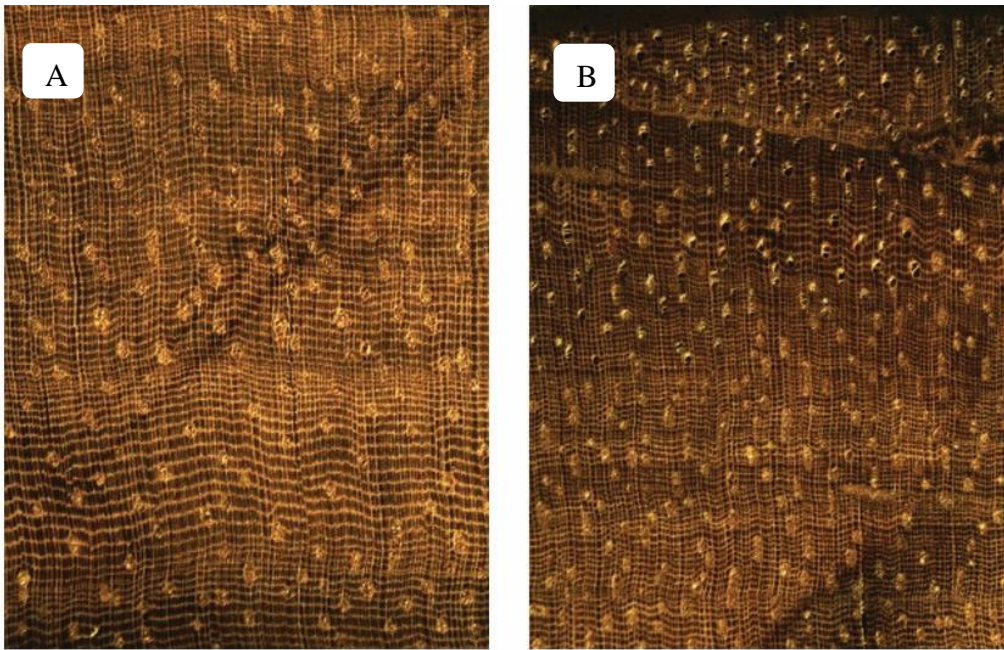
\*Fonte: Loureiro et al (1979)

O tipo de grã e textura nos testes de trabalhabilidade são parâmetros imprescindíveis para identificar se a madeira terá ótimo ou péssimo comportamento no processo de usinagem. De acordo com Mady (2000), a madeira que apresenta grã direita, facilita os processos de secagem, desdobro, acabamento superficial e aumenta a resistência mecânica.

Com relação a textura é relevante dizer que a madeira, quando apresenta textura fina, pode obter excelente resultados no processo de acabamento. Burger & Richter (1991), classificam a textura como grossa, média e fina de acordo com a distribuição e percentagem dos elementos anatômicos constituintes no lenho. E esse critério é adotado para predizer se a madeira terá ou não um bom acabamento.

Tilose geralmente são encontradas nos vasos. Para Loureiro et al (1979), tilos são proliferações da parede celular de células do parênquima axial ou radial para o interior dos elementos vasculares adjacentes, através das pontuações de suas paredes, obstruindo, total ou parcialmente, o vaso. Macroscopicamente, os tilos são vistos na seção transversal como obstruções lamelares e brilhantes dos poros.

Na Figura 19 é possível observar que os poros das duas espécies apresentam-se obstruídos por tilose. De acordo com Mori et al. (2003), a presença de tilose na madeira ocasiona fechamento dos vasos causando baixa permeabilidade da madeira; se abundante, dificulta a secagem, a impregnação com produto de preservação ou de estabilização dimensional da madeira. A presença de tilose está associada com a presença de extrativos na madeira, uma vez que os vasos são obstruídos por tilos e perdem sua atividade fisiológicas nos tecidos, conseqüentemente, grande quantidade de extrativos são gerados e que penetram ao longo da estrutura da madeira.



**Figura 19** - Macrofotografia do plano Transversal (10X)  
(A) *E. truncata* (B) *E. coriacea*

Analisando as pranchas das peças identificadas por *E. coriacea*, observou-se que dentro dos mesmos indivíduos identificados ocorreram, dessemelhanças com relação a sua coloração, ocasionando dúvidas por estar trabalhando com diferentes espécies em um mesmo grupo (Figura 20<sub>A</sub>). Em contrapartida foi observado indivíduos das duas espécies com coloração semelhantes, levando a confundi-las e predizer se tratar da mesma espécie (Figura 20<sub>B</sub>). Entretanto, todos os indivíduos foram identificados, classificados e separados de acordo com a sua respectiva espécie, segundo o especialista em anatomia do INPA. Em consulta ao herbário do INPA foi verificado que indivíduos das duas espécies estudadas apresentam em sua estrutura coloração diferenciadas, levando em consideração que são indivíduos coletados em diferentes localidades. Ferreira & Andrade (2006), alertam que a coloração pode se alterar devido ao tempo de exposição ao ar em algumas espécies. Esse pode ser o caso dos indivíduos utilizados nesta pesquisa, pois as pranchas estavam acondicionadas a um certo período de tempo.



**Figura 20** - (A) Indivíduos identificados como *E. coriacea*; (B) Indivíduos de espécies diferente com a coloração similar (M2) *E. coriacea* e (71) *E. truncata*



Apenas por título de curiosidade um indivíduo de *E. truncata* apresentou característica diferenciada, mostrando seu cerne de coloração clara e alburno de cor escura. Essa característica não é comum, pois geralmente as madeiras de folhosas apresentam em sua estrutura, cerne com coloração escuro e alburno com coloração clara, e bem como estruturas onde cerne e alburno são indistintos, ou seja, não é possível distingui-los a olho nu. Porém nesse caso como mostra a Figura 21 é possível perceber que o alburno tem a cor mais escura comparada ao cerne.



**Figura 21** - Indivíduo de *E. truncata* com alburno mais escuro que o cerne

Camargo & Gonzalez (2001), dizem que para identificação e indicação de usos de espécies de madeira, a cor é tida como uma das características mais importantes, principalmente quando agrupada aos aspectos de textura e desenho, no entanto, as espécies estudadas se mostram de forma inviável a identificação, pois demonstram diferentes coloração e intensidade da cor (Figura 22). De acordo com os mesmos autores, vários fatores podem influenciar na cor da madeira tais como: composição química, local de retirada da amostra, a idade da árvore, posição da amostra na árvore, por degradações provocadas pelo ataque de organismos xilófagos etc., bem como o período em que a madeira esteve presente no ambiente, pois o material pode adquirir diferentes tonalidade com o passar do tempo, isso ocorre devido a reação do ar com extrativos presentes na madeira, acarretando mudanças em sua coloração. Garcia & Marinonio (2016), identificaram que a coloração de *Tectona grandis* L. recebeu influências do ambiente, espaçamento que foram alocada e tem grande associação com a densidade e teor de extrativos

da madeira, os autores relatam que madeiras mais densas e com maior teor de extrativos tendem a apresentar coloração mais escuras.



**Figura 22** - Diferentes colorações da madeira apresentada pelas espécies estudada

Por observação as madeiras das espécies estudadas foram de forma geral diferentes quanto à coloração e aos desenhos, podendo ser agrupadas nas cores: cerne - Laranja e Marrom claro/escuro e amarelo claro; alburno – Amarelo-pardo e Acinzentado. Por apresentar essa variação de cor, estudos detalhados de colorimetria seriam interessantes para classificar a cor e tonalidade (uma mesma cor apresenta diferentes tons), além de sanar dúvidas com relação a coloração exatas das espécies da pesquisa.

Assim como é característico das Lecytidaceae, *E. coriacea* e *E. truncata* apresentam em sua estrutura liber fibroso (Figura 23), fibra esta que pode ser utilizada em estoparias, fabricação de cestos e outros produtos que fazem uso de fibras de madeira.



**Figura 23** - Estrutura fibrosa das madeiras de matamatá

### 6.1.2 Propriedades físicas da madeira e módulo de elasticidade dinâmico

Os valores obtidos de densidade básica (0,74 e 0,77 g/cm<sup>3</sup>) e densidade aparente (0,97 e 1,01 g/cm<sup>3</sup>) para as espécies estudadas estão demonstradas na Tabela 7. Conforme classificação proposta por Melo et al. (1990), que classifica a densidade de madeiras tropicais em: madeiras leves ( $\leq 0,50$  g/cm<sup>3</sup>), madeiras de densidade média (entre 0,51 e 0,72 g/cm<sup>3</sup>) e de densidade alta ( $\geq 0,73$  g/cm<sup>3</sup>), pode-se afirmar que a madeira do gênero *Eschweilera* selecionadas para o estudo apresentam madeira de alta densidade.

**Tabela 7** - Propriedades físicas das madeiras *Eschweilera coriacea* e *Eschweilera truncata*

| Propriedades Físicas                        | <i>E. coriacea</i>       |           | <i>E. truncata</i>       |           |
|---|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
|   | Média e Desvio Padrão    | C.V.* (%) | Média e Desvio Padrão    | C.V.* (%) |
| Densidade Básica (g/cm <sup>3</sup> )       | 0,74 <sub>a</sub> (0,06) | 8         | 0,77 <sub>a</sub> (0,04) | 5         |
| Densidade Aparente 12% (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,97 <sub>a</sub> (0,10) | 11        | 1,01 <sub>a</sub> (0,11) | 11        |
| Contração Tangencial (%)                    | 8,55 <sub>a</sub> (1,40) | 16        | 8,39 <sub>a</sub> (1,04) | 12        |
| Contração Radial (%)                        | 5,31 <sub>a</sub> (1,68) | 32        | 4,93 <sub>a</sub> (1,94) | 39        |
| Coefficiente de Anisotropia                 | 1,70 <sub>a</sub> (0,40) | 23        | 1,90 <sub>a</sub> (0,67) | 35        |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

\*C.V. – Coeficiente de variação

De maneira geral, observou-se que não ocorreram diferenciação estatística do material lenhoso entre as duas espécies, além disso, de acordo com os resultados de medidas de variação, os dados apresentam-se de forma homogênea.

Tais resultados se mostram próximos aos encontrados por Moutinho et al. (2011) e Nascimento et al. (2018) que ao estudarem diferentes espécies de matamatá obtiveram densidade básica na faixa entre 0,80 a 0,95 g/cm<sup>3</sup>. O IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2009) aponta densidade aparente de espécies nativas de 1,09 g/cm<sup>3</sup>, 0,93 g/cm<sup>3</sup> e 0,960 g/cm<sup>3</sup> para angelim vermelho, goiabão e itaúba, respectivamente, valores similares aos aqui encontrados para *E. coriacea* e *E. truncata*.

Verificou-se ainda que, os dados de densidade básica para *Eschweilera coriacea* apresentados por Moutinho et al. (2011) sendo de 0,89 g/cm<sup>3</sup> se mostrou bastante diferente comparado ao encontrado na presente pesquisa que foi de 0,74 g/cm<sup>3</sup>. Esse fato pode ser explicado pelo mesmo autor, que relata em seu estudo que pode ter trabalhado

involuntariamente com outra espécie, que não seja *E. coriacea*. Sendo que Schmitt (2017), encontrou densidade básica de 0,75 g/cm<sup>3</sup> para a mesma espécie, corroborando com os dados desse estudo.

Além disso, de acordo com Kollmann & Côté (1968) as variações da densidade estão relacionadas a diversos fatores bióticos e abióticos que, determinam sua estrutura anatômica, assim como a distribuição de seus elementos. Entre as diversas espécies de madeira são atribuídas às diferenças na estrutura da madeira e na presença de constituintes extrativos por unidade de volume. A estrutura é caracterizada pela proporção dos diferentes tipos de células (fibras, traqueídeos, vasos, canais de resinas e raios) e pelas suas dimensões, especialmente a espessura das paredes celulares, da inter-relação entre esses dois fatores. Tendências hereditárias, influências fisiológicas e mecânicas, bem como fatores ambientais (solo, temperatura, precipitação e vento) afetam a estrutura da madeira e, conseqüentemente, sua densidade. Isso explica o fato de Panshin & De Zeeuw (1980) afirmar que a densidade pode variar entre gêneros, espécies do mesmo gênero, árvores da mesma espécie e, até mesmo, entre diferentes partes da mesma árvore.

Em conformidade com isso, Hillis & Brown (1978) afirmam que podem ocorrer variações extremas de tal propriedade entre árvores da mesma espécie, citando, como exemplo, a madeira de *Eucalyptus pilularis*, com variações de densidade básica na faixa de 0,59 até 0,81g/cm<sup>3</sup>. Partindo desse princípio os resultados obtidos na presente pesquisa estão em conformidade aos apresentados nos estudos de Moutinho et al. (2011), Barros (2016) e Nascimento et al. (2018).

A retratibilidade total nas direções tangenciais e radial, apresentada na Tabela 7, foi mais alta para a madeira de *E. coriacea* que estatisticamente não mostra diferença comparada a madeira de *E. truncata*. Alguns autores como Kollmann e Coté (1968) afirmaram que, quanto mais alta a densidade da madeira, maior a sua contração ou expansão. Neste caso em questão pode-se observar que a espécie de menor densidade apresentou madeira com maior valor de retratibilidade, porém esses dados estatisticamente não se diferem entre si.

Quanto à variabilidade, os coeficientes de variação apresentados na Tabela 7, para contração radial podem ser considerados elevados quando comparados com os dados publicados pelo Forest Products Laboratory (1987) quando pesquisou 50 espécies de folhosas, tendo coeficientes de variação de 15% para as contrações transversais (tangencial e radial). Porém, na contração tangencial os resultados foram similares, apresentando C.V. de 12%. Durlo & Marchiori (1992) afirmaram que os valores da contração tangencial oscilam em torno do dobro daquelas das contrações radiais.

Para o coeficiente de anisotropia, obteve-se resultado de 1,7 e 1,9 de acordo com o teste de comparação de médias aplicado, não foi evidenciada diferença estatística significativa entre as árvores, corroborando para igualdade das médias para as duas espécies, caracterizando mesma condição de material lenhoso.

Seguindo a classificação de Galvão & Jankowsky (1984), as espécies em estudo registraram valores que estão entre a faixa de 1,6 a 2,0 indicando madeiras de média baixa estabilidade. Diante dessas características pode se dizer que essas madeiras não deverão apresentar problemas mais graves em seus aproveitamentos como madeiras serradas, desde que o processo de desdobro seja conduzido conforme as técnicas recomendadas.

Os valores determinados neste estudo estão condizentes com outros obtidos para madeira dura, por diversos autores como IPT (2003) analisando madeira de Cupiuba, Cedrorana, Goiabão, Jacareuba, Pau-Roxo, Tauary e Angelim apresentando anisotropia variando entre 1,55 a 1,9. Barros (2016), quando estudou as espécies de Ingá-vermelha, Peãozinho, Matamata, Breu-vermelho, Murici, Abiurana com anisotropia de 1,6 a 2,1. INPA (1991) que possui entre as madeiras que compõem o Catálogo das madeiras da Amazônia, madeiras como *Eschweilera odora* (1,55), *Hymenaea courbaril* (1,88) e *Pilhecellobium incuriali* (1,9)

Vale salientar que a madeira de matamatá apresentou grande quantidade de fissuras no eixo longitudinal, dificultando, a confecção de corpos-de-prova livres de defeitos, ocasionando a limitação com relação ao número de amostras para os ensaios. Dessa forma, análises de programa de secagem em espécies do gênero *Eschweilera* seriam importantes para subsidiar o processo de usinagem desta.

### **Módulo de elasticidade dinâmico**

Os ensaios não-destrutivo é uma ferramenta complementar no processo de classificação das madeiras em relação às classes de resistência e categorias de qualidade ultimamente utilizada por algumas Instituições de pesquisa para obtenção dessas classes sem danificar as amostras de madeira (VAN DER SLOOTEN et al., 1984; NOGUEIRA, 2007; DEL MENEZZI et al., 2010; BARROS, 2016).

Nesta pesquisa o módulo de elasticidade dinâmico foi determinado por meio do aparelho Stress Wave Timer para estudar a propagação da onda de tensão na madeira e seu princípio de funcionamento baseia-se no método acústico. A utilização deste método permitiu, classificar as madeiras das duas espécies em classes de qualidade de alta de resistência, comparado com os

valores obtidos com o módulo de elasticidade determinado por método destrutivo em amostras de madeira da espécie *Dipteryx odorata* com valor de 161.000 kgf/cm<sup>2</sup> na mesma condição de umidade a 12% (Tabela 8)

**Tabela 8** - Módulo de elasticidade dinâmico para as duas espécies

| Espécies                                  | Média   | Desvio padrão | Coefficiente de variação |
|---|---------|---------------|--------------------------|
| <i>E. coriacea</i> (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 193.430 | 34,72         | 18%                      |
| <i>E. truncata</i> (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 216.830 | 51,66         | 24%                      |

### 6.1.3 Propriedades química da madeira e Poder calorífico superior

As amostras de madeira de *E. coriacea* e *E. truncata* foram submetidas a vários processos para determinar o teor de cinza, de sílica, de lignina e de extrativos. De forma geral, os valores das análises de lignina extrapolaram a faixa de composição química proposta por Tsoumis (1991) para madeiras tropicais, enquanto que o teor de cinza e extrativos se mantiveram dentro da faixa proposta (Tabelas 9).

**Tabela 9** - Propriedades química e poder calorífico de *Eschweilera coriacea* e *Eschweilera truncata*

| Propriedades Química              | <i>E. Coriacea</i>           |           | <i>E. truncata</i>           |           | Literatura Tsoumis (1991) |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|---------------------------|
|                                   | Média e Desvio Padrão        | C.V.* (%) | Média e Desvio Padrão        | C.V.* (%) |                           |
| <b>Cinza (%)</b>                  | 1,81 <sub>a</sub> (0,0003)   | 1,7       | 0,88 <sub>b</sub> (0,0004)   | 5         | 0,1 – 5,4                 |
| <b>Sílica (%)</b>                 | 0,66 <sub>a</sub> (0,0005)   | 8         | 0,38 <sub>b</sub> (0,0002)   | 6         | -                         |
| <b>Lignina (%)</b>                | 39 <sub>a</sub> (0,007)      | 5         | 52 <sub>b</sub> (0,025)      | 1,8       | 14,0 – 34,6               |
| <b>Extrativo (%)</b>              | 5,89 <sub>a</sub> (0,005)    | 8,84      | 5,11 <sub>a</sub> (0,004)    | 8,45      | 0,62 – 19,8               |
| <b>Poder calorífico (Kcal/Kg)</b> | 4159,69 <sub>a</sub> (38,36) | 0,9       | 4224,78 <sub>a</sub> (11,90) | 0,3       | -                         |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

\*C.V. – Coeficiente de variação

## Teor de Cinzas e Sílica

O teor de cinzas fornece informações da quantidade de substâncias inorgânicas, proveniente principalmente da seiva bruta. As cinzas são constituídas basicamente por sulfatos, oxalatos, carbonatos e silicatos; como contra-íons mais comuns têm cálcio, potássio, magnésio e manganês ASTM (1984/2013). Nas árvores, o conteúdo de minerais varia com a espécie, a disponibilidade no solo, a necessidade individual e a época do ano. Na tabela 9, observa-se que *E. coriácea* possui um teor de cinza superior ao de *E. truncata*, sendo assim, o elevado teor de cinza da primeira espécie indica maior permeabilidade em relação a segunda. Porém os resultados de ambas estão em conformidade com a classificação proposta por Tsoumis (1991). Os dados apresentados principalmente por *E. coriácea* são semelhantes aos encontrados nos estudos de Moutinho et al. (2011) na pesquisa de 6 espécies de matamatá onde obteve 1,97 a 3,02 % de cinza. Uma espécie da mesma família estudada por Santana et al. (2013), a *Coutarari stellata* A.C.Sm., obteve uma taxa de 1,80 % de teor de cinza.

Para Santana & Okino (2007), esta variação de cinza na madeira está relacionada também com idade das árvores coletadas, onde, uma vez que a área de coleta é a floresta nativa amazônica, a idade destas varia consideravelmente, mesmo quando se trata de áreas pequenas. A exemplo disso cita-se Caixeta & Pastore (2007) que ao estudar espécie mogno encontrou 0,33% de cinzas que foi comparativamente inferior ao obtido por Santana & Okino (2007) ao estudar 36 espécies de madeiras tropicais amazônicas, cujo valor de cinzas variou entre 0,20 % e 2,25%.

Mori et al. (2003), ao caracterizar a madeira de angico-vermelho para confecção de móveis, encontraram valores baixos de cinzas na madeira fazendo com que ocorressem menores desgastes de facas e serras durante o seu processamento. Os autores salientam que o teor de componentes minerais (cinzas) está diretamente relacionado ao sítio de crescimento da árvore.

Para o teor de sílica, assim como na cinza foi superior para *E. coriácea* em relação a *E. truncata*. Observa-se que o teor de sílica não foi superior a 45% da quantidade total de minerais nas cinzas, diante disso entende-se que outros minerais são abundantes nestas madeiras. Existem madeiras que podem apresentar a sílica como material mais abundante presente nas cinzas da madeira, a exemplo disso, cita-se Santana et al. (2013) que encontrou percentual de 83% de todas as inclusões minerais para 6 espécies ao estudar teor de sílica de 36 espécies brasileiras de madeira tropical. De acordo com o mesmo autor pelos resultados aqui encontrados, pode-se dizer que a espécie *E. coriácea* corresponde um alto teor de sílica e *E.*

*truncata* apresenta um teor médio desse componente. Não foram encontrados estudos sobre teor de sílica para as espécies de matamatá, que pudessem ser comparadas com a presente pesquisa.

O alto teor de cinza e sílica pode limitar o uso de determinadas madeiras no que se refere ao maior desgaste de ferramentas durante o seu processamento. Assim, a madeira de *E. coriacea* poderia apresentar esse problema em maior intensidade em relação à madeira de *E. truncata*. Entretanto, não foi o observado nesse estudo, uma vez que, o comportamento das madeiras no processo de usinagem foi o mesmo para as duas espécies. O conhecimento do teor de sílica permite planejar o processamento da madeira de maneira estratégica, em relação aos custos de produção e produtividade. Logo seu estudo é recomendável para a indústria madeireira.

### **Lignina**

A lignina é uma macromolécula de natureza aromática e tridimensional, com alto peso molecular. Encontra-se intimamente associada aos polissacarídeos (celulose e polioses), não somente através de entrelaçamento físico, mas também através de ligações químicas. A lignina se apresenta como o componente mais hidrofóbico da madeira, atuando com material cimentante ou adesivo entre as fibras, além de conferir dureza e rigidez à parece celular.

Os teores de lignina presente na madeira de *E. coriacea* (39%) e *E. truncata* (52%) extrapolam a faixa de composição química proposta por Tsoumis (1991) para madeiras tropicais. Tais resultados se mostram elevados comparados aos níveis de teor de lignina encontrados por Moutinho et al. (2010) que obteve 30,56 % para a espécie de *Eschweilera grandiflora* e Nascimento et al. (2018) que determinou 28,89% de teor de lignina para *Eschweilera odora*. Já Santana & Okino (2007) determinaram um teor de 37% de teor de lignina para o louro-vermelho, valor próximo ao encontrado na presente pesquisa para *Eschwleira coriacea*.

O teor relativamente alto de lignina encontrado na pesquisa pode estar relacionado com o menor teor de extrativos destas madeiras e/ou pela potencialização de açúcares que possivelmente podem não ter sido eliminados completamente do material e conseqüentemente serem contabilizados como lignina. Entretanto, recomenda-se realizar novos testes com um maior número de repetições.

Os teores de ligninas são de fundamental importância para atribuições do poder calorífico e também para as propriedades mecânicas da madeira, pelo princípio da lignina atribuir resistência a madeira.



## Extrativos

A extração com solventes orgânicos (etanol e hexano) tem por finalidade a remoção de substâncias de baixa polaridade, tais como terpeno, resina, ácidos graxos, ésteres, ceras e materiais corantes. A extração em água retira sais inorgânicos, açúcares e algumas substâncias fenólica (ROWELL et al., 2005).

Os resultados de extrativos apresentados para *E. coriacea* e *E. truncata* de 5,89% e 5,11% respectivamente, estão de acordo com a literatura, segundo Tsoumis (1991) para madeiras tropicais. E corroboram com estudos realizados por Moutinho et al. (2010) que obteve 5,99 % para *Eschweilera grandiflora*, Nascimento et al. (2018) estudando extrativo de *Eschweilera odora* pela metodologia não destrutiva NIR encontrou teor de extrativo de 6,48 %. Santana et al. (2013) ao estudar a composição química de 36 espécies madeireiras da Amazônia brasileira, determinaram faixa de 0,6 a 17,3% para teor de extrativo, destacando dentre essas *Cedrela odorata* L. apresentando 5,4 % de teor de extrativo dado semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

## Poder Calorífico Superior

Com os resultados obtidos de poder calorífico e análises químicas (Tabela 9), pode-se prever que as espécies estudadas possuem potencial relativamente bom, podendo ser utilizadas para fins energéticos. Para Jara (1989), o poder calorífico superior da madeira, além da umidade, está muito influenciado pela constituição química da madeira, principalmente a lignina e extrativos (resinas, óleos-resinas, matérias graxas, óleos, dentre outros). Desta maneira, as coníferas que apresentam um maior conteúdo de resinas e lignina que as folhosas, conseqüentemente possuem um maior poder calorífico superior, que varia também conforme a parte da árvore que esteja em combustão (casca, nós, ramos, madeira do toco).

No estudo desenvolvido por Moutinho et al. (2011) que determinaram o PCS de várias espécies de matamatá, chegou a resultados que variaram de 4438-4758 kcal/kg. Nascimento et al. (2018) utilizando a metodologia não destrutiva (NIR) também encontrou valores superiores aos apresentados, para *Eschweilera odora* sendo de 4996 Kcal/kg. Silva et al (2014), também utilizando NIR encontrou PCS de 4608 kcal/kg, 4661 kcal/kg, 4928 kcal/kg, 4785 kcal/kg para as espécies de cardeiro, cedrinho, louro e piquiarana respectivamente. Os resultados para *E. coriacea* e *E. truncata* são inferiores aos estudos citados, que pode estar associado a idade da árvore ou devido ao material coletado.

A lignina é um componente estrutural que confere propriedades de rigidez e resistência à madeira. O conhecimento do teor deste componente é fundamental para produção de energia e carvão vegetal, pois a lignina apresenta alto poder calorífico (6.100 kcal/kg) e há fortes evidências de que contribui significativamente para a formação do carbono residual, devido à sua estrutura complexa. Este fato está relacionado à sua alta resistência à degradação térmica, sugerindo que quanto mais alto o teor de lignina mais alto será o poder calorífico na madeira (SILVA et al., 2014). Entretanto, essa afirmação não se aplica a este estudo, onde demonstra alto teor de lignina e um baixo poder calorífico, comparado aos estudos citados acima.

Diante de tudo que foi discutido, afirma-se que o conhecimento das propriedades químicas da madeira, assim como propriedades físicas e caracterização anatômica são de fundamental importância para a indústria madeireira, pois auxilia no processamento da madeira, influencia na escolha de matéria-prima adequada, diminuindo gastos com produtos e produtividade.

O conhecimento desses dados foram fundamentais para subsidiar a referida pesquisa no que tange ao processo de usinagem, pois conhecendo suas características e propriedades conduziu-se melhor os trabalhos, onde cada comportamento foi observado minuciosamente verificando possíveis problemas durante todo o processo.

## **6.2 Processo de Usinagem**

Todo o processo de usinagem foi realizado de maneira criteriosa de acordo com a norma, por se tratar de madeiras de alta densidade e conter sílica em sua estrutura, as espécies *E. coriacea* e *E. truncata* demonstraram excelentes resultados no processo de usinagem, superando todas as expectativas levantadas pela equipe de execução, onde a cada teste realizado se comprovava o potencial dessas madeiras e aumentava a confiabilidade e importância desta pesquisa. Em suma, a utilização de ferramentas de corte novas e afiadas, permitiu verificar o desgaste das ferramentas nos processos realizados e a influência que esse desgaste causa na peça usinada. Segundo a norma ASTM D1666 – 11 o desempenho de qualquer madeira requer que o maquinário e ferramentas estejam afiados e em ótimas condições.

Com os dados coletado e analisando todas as avaliações referentes aos testes de usinagem, consiste dizer que as duas espécies se comportaram similarmente em todos os testes, também não teve diferença entre cerne e alburno, demonstrando mesma qualidade de material lenhoso, isso implica dizer que ambos podem ser empregados para as mesmas finalidades,

umentando o rendimento da madeira. Barros (2016) cita que atualmente a madeira do alburno não é utilizada pelas serrarias, gerando pouco rendimento de madeira. Logo, madeiras que possuem características semelhantes propiciam maior rendimento, pois utilizam a madeira em sua totalidade e, conseqüentemente influencia para melhorar o manejo florestal sustentável, no que tange ao número de indivíduos abatidos para atender a volumetria preterida. Em suma, essa proposta ocasiona menos desperdício de madeira nas indústrias, ajudando a tornar a atividade mais sustentável.

Em vista disso, a Tabela 10 mostra a disposição das avaliações atribuídas para cada teste, tanto na parte de cerne quanto alburno, onde 6 testes receberam avaliação excelente; 1 teste recebeu bom e 1 teste recebeu conceito ruim. Cabe salientar que o teste de rasgo lateral foi dividido em 2 (utilizando broca e fresa) devido ter recebido avaliações diferentes, onde um obteve classificação excelente e o outro bom. As análises realizadas individualmente para cada teste estão descritas nos parágrafos seguintes.

**Tabela 10** - Avaliação dos testes de usinagem

| Teste                        | <i>E. coriacea</i> |           | <i>E. truncata</i> |           | Classificação ASTM<br>D1666 – 11     |
|------------------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------------------|
|                              | Cerne              | Alburno   | Cerne              | Alburno   |                                      |
| <b>Aplainamento</b>          | Excelente          | Excelente | Excelente          | Excelente | Ausência de defeitos                 |
| <b>Lixamento</b>             | Excelente          | Excelente | Excelente          | Excelente | Ausência de defeitos                 |
| <b>Perfuração por broca</b>  | Excelente          | Excelente | Excelente          | Excelente | Ausência de defeitos                 |
| <b>Perfuração por prego</b>  | Ruim               | Ruim      | Ruim               | Ruim      | Presença de mais de 50% de defeitos  |
| <b>Rasgo lateral (fresa)</b> | Excelente          | Excelente | Excelente          | Excelente | Ausência de defeitos                 |
| <b>Rasgo lateral (broca)</b> | Bom                | Bom       | Bom                | Bom       | Presença de menos de 50% de defeitos |
| <b>Moldura no topo</b>       | Excelente          | Excelente | Excelente          | Excelente | Ausência de defeitos                 |
| <b>Torno</b>                 | Excelente          | Excelente | Excelente          | Excelente | Ausência de defeitos                 |

### Teste de Aplainamento

No teste de plaina foi utilizada as máquinas desengrossadeira, na qual revelou que a todas as amostras foram aprovadas (Figura 24), indicando excelente desempenho dessa madeira para essas operações e, a boa adequação do maquinário e das ferramentas afiadas utilizadas no corte. Além disso, observou-se que a qualidade da usinagem na operação de desengrosso está relacionada também com a habilidade do operador, na operação de passagem da madeira pelo maquinário, sabendo a forma correta de puxa-las evitando defeitos de operação e queima da madeira, das peças processadas algumas apresentaram defeito de pequenas listras de queima de madeira, que podem ser facilmente eliminadas com lixamento. Partindo do princípio que *E. coriacea* possui um elevado teor de sílica esperava-se que para essa madeira houvesse um desgaste maior das ferramentas, porém o comportamento nesse quesito não apresentou diferença comparadas as madeiras amazônicas de alta densidade, que por se tratar de madeiras duras causam maior desgaste das facas, necessitando afia-las conforme for necessário.



**Figura 24** - Resultado do teste de aplainamento (A) *E. coriacea* e (B) *E. truncata*

### Teste de Lixamento

No teste de lixa, mesmo sendo utilizada toda sequência recomendada pela indústria (desbaste, semi-acabamento e acabamento), ao utilizar a lixa nº 180 (considerada de semi-acabamento), foi possível observar excelente resultado nesse processo, podendo afirmar que a madeira é excelente no acabamento (Figura 25). As demais lixas foram utilizadas para cumprir as recomendações, pois nem riscos das lixas anteriores foram percebidas nas amostras analisadas. Podendo ser indicada para móveis, pisos, artefatos e ou demais produtos que necessitem de fino acabamento.



**Figura 25** - Resultado do teste de Lixamento (A) *E. coriacea* e (B) *E. truncata*

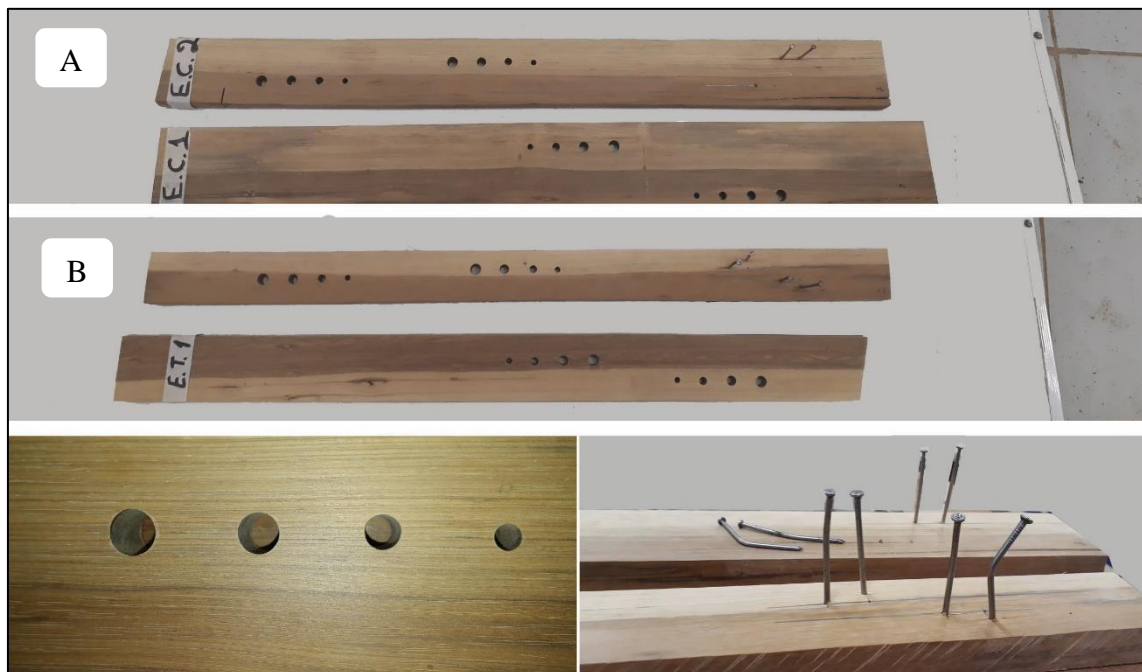
Com efeito, tais resultados eram esperados uma vez que, as madeiras foram classificadas como textura fina, entretanto, seu excelente resultado superaram as expectativas. Taques &

Arruda (2016) estudando madeiras de angelim pedra, madeira de alta densidade, observaram excelente comportamento da madeira nesse teste, apesar de algumas amostras apresentarem pequenos riscos na madeira. Cabe ressaltar que a qualidade da superfície lixada depende da velocidade de avanço e rotação do equipamento. Além disso, o resultado satisfatório no processo de lixamento se dá devido as madeiras terem tido um ótimo comportamento no processo de plaina, não apresentando defeitos como grã felpuda, grã esmagada e queima da madeira.

### **Teste de Perfuração por Broca e Prego**

Para o teste de broca, de acordo com os defeitos analisados como queima da madeira, grã felpuda e grã arrancada, 100% das amostras se apresentaram isentas desses defeitos, este fato se deve ao bom afiamento dos equipamentos, a resistência da madeira e ao tipo de grã direita que as madeiras de matamatá apresentam. Verificando que os furos se apresentaram sem defeitos, não houve necessidade de corta-los ao meio para observação interna, pois sua textura lisa possibilitou proceder com a análise completa (Figura 26). Apesar da madeira de matamatá ter apresentado excelentes resultados, Lucas Filho & Boehs (2007) salienta que para a melhoria dos resultados de furação, a velocidade de corte e a densidade da madeira são as principais variáveis a serem observadas para a melhoria do processo. Outro fato importante observado se restringe ao comportamento da madeira para cerne e alburno, onde apresentaram homogeneidade de material lenhoso.

Para o teste de perfuração por prego as amostras *E. coriacea* e *E. truncata* apresentaram comportamento ruim, ou seja, não aceita prego. Esse resultado já era esperado por se tratar de madeira de alta densidade e não aceita determinados tipos de prego. Entretanto, para uma boa utilização dessa operação é necessário realizar uma pré-furação para que a madeira aceite a utilização de pregos (Figura 26).



**Figura 26-** Resultado do teste de perfuração por broca e prego (A) *E. coriacea* e (B) *E. truncata*

### **Teste Moldura no topo e rasgo lateral**

Nos testes de moldura no topo e rasgo lateral, as amostras apresentaram excelentes resultados moldura no topo e rasgo lateral utilizando a fresa nº 16 apresentando a totalidade das amostras isentas de defeitos, já para rasgo utilizando a broca nº 8 foi identificado defeito de grã felpuda na maioria das amostras, recebendo conceito bom (Figura 27). Entretanto, na utilização das duas ferramentas as peças foram aprovadas, mostrando o bom desempenho da madeira de matamata para essa operação. Zamarian et al. (2012), ao usarem madeiras de bracatinga para uso na indústria moveleira também obtiveram resultados satisfatórios para essa operação e também para moldagem de topo. Assim como o matamata a madeira de bracatinga apresenta característica de grã direita e, para Silva et al. (1999) a textura da madeira e a direção da grã são características da madeira que exerce grande influência sobre o desempenho dos processos de usinagem. Então, acredita-se que essa característica influenciou nos resultados para essas operações.

Não houve diferença no teste tanto para alburno quanto para o cerne, ambos tiveram o mesmo comportamento final, tendo em vista que no processo o alburno apresentou ser mais maleável comparado ao cerne, isso ocorre pelo fato do alburno ser constituído de madeira jovem, logo, sua estrutura tende a ser mais mole.



**Figura 27** - Resultado do teste de moldura do topo e rasgo lateral (A) *E. coriacea* e (B) *E. truncata*

### Teste de Torno

Para o teste de torno os resultados foram excelentes para todas as amostras, seus resultados foram além das expectativas. No decorrer do processo como a operação de torno exerce uma forte pressão nas fibras da madeira, onde as mesmas são arrancadas, pensou-se que a madeira não fosse boa para essa operação, porém conforme o processo de produção avançava foi possível perceber e afirmar que as madeiras de matamatá utilizadas na referente pesquisa são excelentes para operação com torno (Figura 28). Dias Junior (2014) ao estudar a usinagem da madeira de cinco espécies nativas brasileiras, associou a densidade com o desempenho da madeira no teste de torno, visto que a espécie de ipê, que foi a melhor avaliada no teste, também teve o maior valor de densidade aparente, e a espécie de cedro, com o pior desempenho no teste de torno, foi a que apresentou o menor valor de densidade aparente. Em suma pode-se concluir que as madeiras de matamatá teve seu desempenho nesta operação influenciado por sua densidade, confirmando que as propriedades da madeira estão inteiramente ligadas com desempenho na usinabilidade destas.





**Figura 28** - Resultado do teste de torno (A) *E. coriacea* e (B) *E. truncata*

A usinagem da madeira e suas relações de causa e efeito com as variáveis envolvidas na melhoria dos processos e a definição dos melhores parâmetros para essas variáveis, são primordiais para o posicionamento perante a concorrência e para o desenvolvimento de um processo de fabricação mais eficiente. As propriedades da ferramenta, as propriedades da madeira e as condições de corte são variáveis que contribuem para a eficiência nos processos de usinagem da madeira (LUCAS FILHO & BOEHS, 2007).

Na Figura 29 é mostrado a comparação do efeito causado por uma serra desgastada e serra nova. A madeira que recebeu corte com a serra desgastada ficou queimada e levou muito tempo para ser cortada, enquanto a que recebeu corte com serra afiada não apresentou defeito como queima de madeira e o processo de corte foi bem mais rápido. Dessa forma, é importante frisar para utilização de maquinário e ferramentas apropriadas, pois também exerce influência na produtividade e qualidade da peça usinada.



**Figura 29** - Diferença de resultado de corte com ferramenta inadequada e ferramenta adequada.

Vale salientar que esse tipo de defeito pode ser solucionado utilizando outros processos como desengrosso, plaina e lixamento. Porém quando se fala em produtividade, qualidade e tempo de serviço, esse tipo de situação precisa ser evitado. Quanto menos defeitos forem causados melhor e mais rápido será o processo de produção.

De maneira geral, atribui-se para *E. coriacea* e *E. truncata* resultados de 0,74 e 0,77 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica; 1,7 e 1,9 de coeficiente de anisotropia e usinagem com conceitos excelente-bom-ruim. Esses dados são semelhantes aos apresentados pelo angelim-vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke), cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), goiabão (*Pouteria pachycarpa* Pires W.A), cumaru (*Dipteryx odorata* Aubl.), pau-roxo (*Peltogyne subsessilis* W.A), ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* Vahl), jatobá (*Hymenaea courbaril* L), muicaratiara (*Astronium lecointei* Ducke) e maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke) espécies amazônicas presentes na indústria madeireira (Tabela 11).

**Tabela 11** - Dados de densidade, coeficiente de anisotropia e testes de usinagem (plaina, torno, perfuração, pregar e lixa) de espécies madeiras de interesse comercial.

| Espécie                             | Densidade básica | C.A. | Plaina    | Torno     | Perfuração | Pregar  | Lixa      |
|-------------------------------------|------------------|------|-----------|-----------|------------|---------|-----------|
| <i>Dinizia excelsa</i> Ducke        | 0,83             | 1,77 | Bom       | Excelente | Bom        | Ruim    | Bom       |
| <i>Goupia glabra</i> Aubl.          | 0,71             | 1,9  | Bom       | Excelente | Excelente  | Ruim    | Excelente |
| <i>Pouteria pachycarpa</i> Pires    | 0,73             | 1,81 | Excelente | Excelente | Excelente  | Ruim    | Excelente |
| <i>Dipteryx odorata</i> Aubl.       | 0,97             | 1,57 | Regular   | Bom       | Ruim       | Ruim    | Bom       |
| <i>Peltogyne subsessilis</i> W.A    | 0,74             | 1,86 | Regular   | Excelente | Excelente  | Ruim    | Excelente |
| <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) | 0,87             | 1,48 | Regular   | Excelente | Excelente  | Regular | Bom       |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L.        | 0,80             | 1,88 | Bom       | Regular   | Bom        | Bom     | Bom       |
| <i>Astronium lecointei</i> Ducke    | 0,81             | 1,91 | Bom       | Excelente | Excelente  | Regular | Excelente |
| <i>Manilkara huberi</i> (Ducke)     | 0,83             | 1,68 | Regular   | Bom       | Bom        | Ruim    | Bom       |

Estas madeiras são geralmente empregadas na construção civil e naval; também são bastante utilizadas na confecção de produtos de maior valor agregado, a exemplo de pisos, portas, móveis e forros, entre outros; lâminas decorativas e objetos torneados. Baseado nessas atribuições e em associações com as demais características estudadas, pode-se afirmar a aptidão das madeiras de *E. coriacea* e *E. truncata* para aplicações semelhantes.

### 6.3 Confecção de produtos

Com a gama de informações obtidas com a pesquisa básica sobre as espécies de *E. coriacea* e *E. truncata* permitiu que a equipe fizesse uso da pesquisa aplicada. Comprovando de fato que o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira atrelada ao processo de usinagem, utilizando corte direcionado e maquinário/ferramentas adequadas são essenciais para obter maior produtividade e dá qualidade ao produto. E como forma de aplicação da pesquisa foi confeccionado produtos utilizando as madeiras das duas espécies estudadas.

### Mesa de centro multifuncional

Para a confecção da mesa de centro multifuncional foi utilizada madeira de ambas as espécies, onde foram selecionadas peças com diferentes desenhos e tonalidade de cor para mostrar a diversidade do material lenhoso. Os processos executados na produção foram: desengrosso, plaina, lixamento, rasgo na lateral e perfuração por broca. Todas as peças passaram pelo processo de acabamento recebendo seladores e verniz, dando requinte as peças acabadas, a Figura 30 mostra a preparação das peças. O produto em si mostra bem o excelente resultado das madeiras nos processos de usinagem, podendo ser replicada na fabricação de diferentes produtos. O processo de acabamento foi realizado na câmara de pintura do LEAM.



**Figura 30** – Processo de confecção do móvel mesa de centro multifuncional

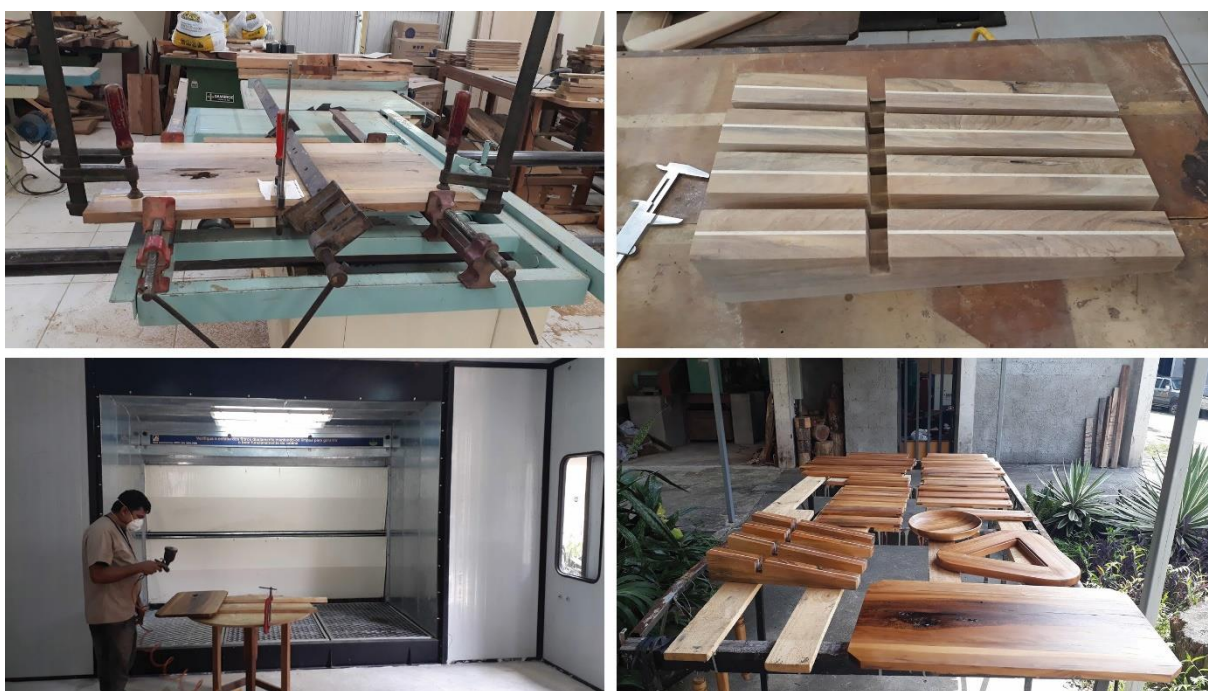
Utilizando a técnica de estrutura modular o móvel foi todo produzindo com madeiras de matamatá, combinado com “chapa de alumínio” e vidro, formando um produto prático e versátil. Pensando na praticidade o móvel é todo montado utilizando parafusos, podendo ser desmontado facilitando o transporte, além de dá liberdade ao consumidor de criar novos produtos a partir de suas peças. O móvel oferece duas diferentes maneiras de uso: mesa de centro e “banco ou cadeira” Figura 31.



**Figura 31** – Produto móvel Mesa de centro multifuncional

### Mesa de centro

Para produzir esse móvel foram executados processos de: desengrosso, plaina, lixamento, rasgo na lateral, perfuração por broca e colagem. Na figura 32, pode-se perceber que a madeira de matamatá obteve excelente processo de colagem. No tampo foi utilizado somente madeiras de matamatá, que foram coladas para aumentar a largura da peça, já nas bases foi adicionado madeira de marupá (*Simarouba amara*), madeira de baixa densidade para ajudar na fixação da cola, gerando menor atrito nas madeiras de alta densidade.



**Figura 32** – Processo de confecção do móvel mesa de centro

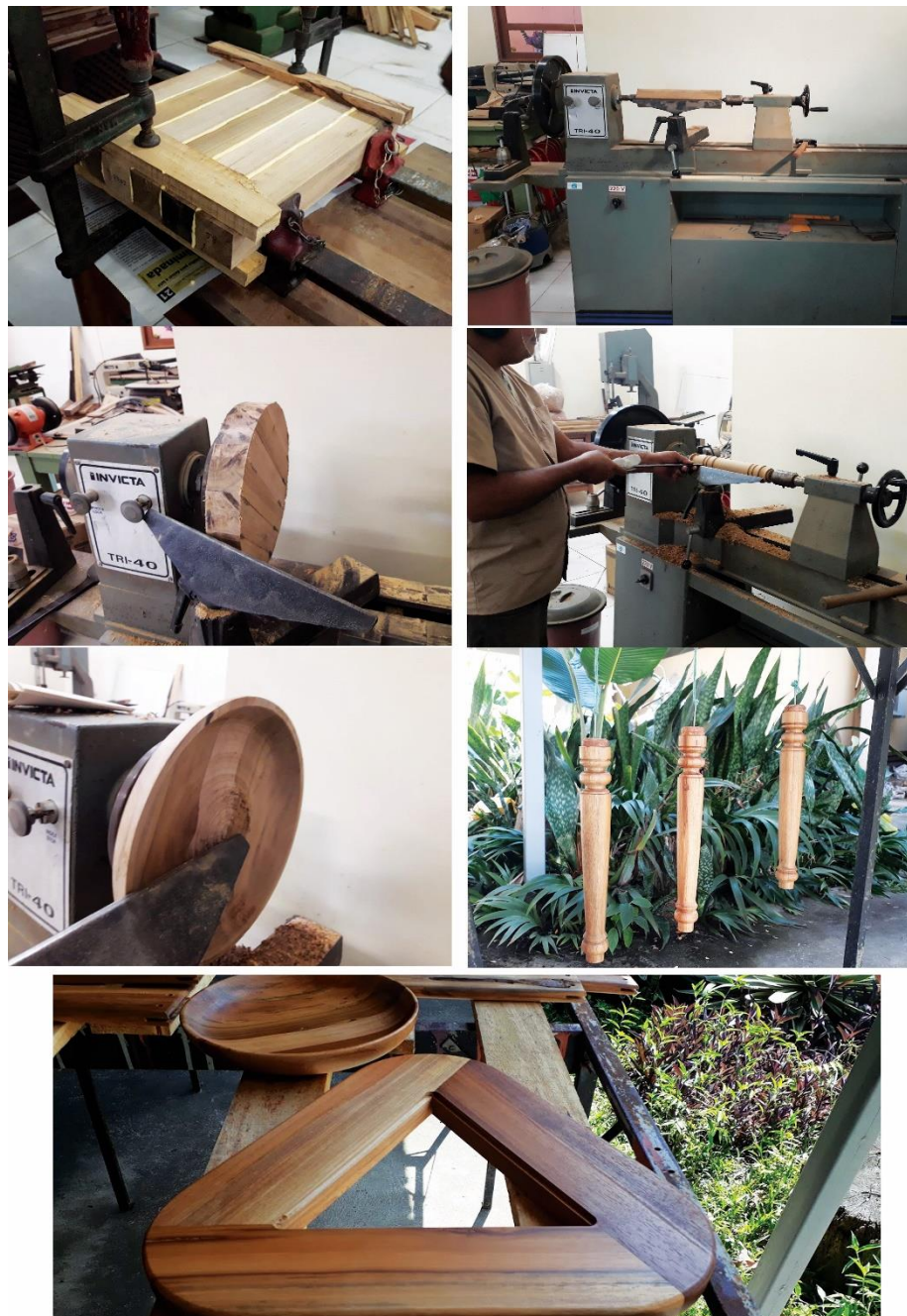
Após o acabamento o móvel foi montado também utilizando parafusos dando maior facilidade no manuseio. A utilização do tampo de vidro fica a critério do consumidor, pois o móvel também dá outras opções de uso. Confira o móvel montado, além de exuberante pode ser desmontado e conduzidos em caixas próprias, como mostra a figura 33.



**Figura 33** – Produto móvel mesa de centro

### Mesinha de centro torneada e artigo de decoração

Nesses móveis pode-se verificar o resultado no processo de torno, executado de diferentes formas. Aqui as madeiras de matamatá passaram pelos processos de desengrosso, plaina, moldagem no topo, colagem e torno. Para o artigo de decoração foram selecionadas peças contendo albarno e cerne distinto na mesma peça, para proporcionar ao produto material diversificado, por possuírem as mesmas propriedades físicas. A mesa é desmontável e os dois produtos são conduzidos em caixas próprias, como pode ser conferido nas Figuras 34, 35 e 36.



**Figura 34** - Processo de colagem, torno e acabamento da mes e artigo de decoração





**Figura 35** – Produtos artigo de decoração e mesa de centro  
**Fonte:** Érico Xavier



**Figura 36** - Produtos em suas respectivas embalagens

### Armação de óculos e escala para instrumento musical

A partir da produção de lâminas da madeira das espécies estudadas foram produzidos produtos como armação de óculos e escalas para instrumento musical como é mostrado nas Figuras 37 e 38.



**Figura 37** – Produto armação para óculos  
**Fonte:** Érico Xavier



**Figura 38** - Produto escala para instrumento musical

### Produto bandeja decorativa

Esse produto mostra bem o contraste das madeiras do cerne e alborno, os detalhes de curvas, rasgos e perfuração demonstram com perfeição o excelente acabamento que as espécies recebem, podendo ser utilizada na confecção de produtos que exijam fino acabamento.



**Figura 39** - Produto bandeja decorativa

**Fonte:** Érico Xavier

Todos os produtos foram projetados por profissionais de designer e luthier, podendo ser reproduzidos em grande escala pela indústria madeireira. Na Figura 40 é demonstrado os desenhos projetados.



**Figura 40** - Projeto dos produtos

Diante do exposto nesta pesquisa, os resultados obtidos na caracterização física, química, usinagem, módulo de elasticidade dinâmico e principalmente na validação da confecção dos produtos nas linhas: móveis, artigos decorativos, escala para instrumento musical e armação de óculos, vem fortalecer a utilização de madeira de espécies de pequeno diâmetro. Podendo ser manejada para atender diferentes setores da indústria madeira, principalmente o setor moveleiro. Estando em conformidade com o parágrafo único da resolução 17/13 da SDS-AM, que dispõe em seu parágrafo único, que espécies com diâmetro mínimo de corte menor que 50 cm poderá ser manejada comercialmente, desde que comprove mediante estudo que as espécies em questão atendam as diretrizes técnicas impostas pela norma, como obtida nesta pesquisa.

Para Lucas Filho & Boehs, (2007), conhecendo as propriedades da madeira (física, mecânica, química e anatômica), bem como sua usinabilidade cria-se mecanismos para utilização de espécies alternativas de madeira pouco conhecidas no mercado, viabilizando a exploração sustentada da floresta. Pois conforme ocorre um aumento no número de espécies exploradas há uma redução na demanda por espécies tradicionalmente comercializadas, reduz-se o tamanho da área de exploração para obtenção de um determinado volume de madeira e há a inclusão de espécies pouco conhecidas, mas com propriedades semelhantes às tradicionalmente exploradas para a fabricação de móveis. A rentabilidade por hectare aumenta quando comparada a outras atividades, pois além do maior número de espécies, há geração de um produto de maior valor agregado.

Entretanto os resultados obtidos na pesquisa desenvolvida vêm reforçar a necessidade da caracterização tecnológica de outras espécies frequentes na floresta de pequeno diâmetro para efetivar o manejo sustentável na Amazônia.

## 7 CONCLUSÃO

As espécies *Eschweilera coriacea* e *Eschweilera truncata* são madeiras de alta densidade, com textura fina e grã direita. Sua madeira tem grande resistência mecânica, apresenta baixo teor de extrativos (5,89% e 5,11%) e alto teores de lignina (39% e 52%). Apresentou alto teor de cinza para *E. coriacea* e ambas possuem sílica sendo alta para *E. coriacea* e média para *E. truncata*.

O desempenho das madeiras *E. coriacea* e *E. truncata* conhecida como matamatá apresenta excelente usinabilidade, podendo ser empregada no seguimento da indústria madeireira. Atribuiu-se às espécies elevado conceitos de aprovação nas operações de desempenho, desengrosso, lixamento, furação, moldagem, rasgo com furadeira horizontal e torno.

Os resultados das propriedades tecnológicas da madeira viabilizam a utilização da madeira de matamatá em produtos de alto valor agregado. As madeiras demonstraram a mesma qualidade de material lenhoso para cerne e alburno nos testes de usinagem, sugerindo que madeira do alburno também podem ser aproveitadas no setor produtivo.

Tanto *E. coriacea* quanto *E. truncata* podem ser consideradas como alternativa para subsidiar o mercado madeireiro, uma vez que apresentam características similares as espécies atualmente comercializadas e por ser uma espécie de grande ocorrência em toda a Amazônia. Mostrando que espécies de menores diâmetros podem ser inseridas no mercado visando seu potencial tecnológico.

Os resultados também indicam a direção para futuras pesquisas, como a investigação do potencial de utilização de outras espécies madeireiras de menores diâmetros e de elevada ocorrência na floresta.

## REFERÊNCIAS

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo Setorial ano base 2008**. Curitiba, PR, 2009

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Panorama Econômico do Setor Florestal**. Brasília, DF. ed. 1, 2014

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **A Madeira no Mercado Nacional: Panorama Atual -Estoque Florestal Brasileiro Oferta x Demanda**, Curitiba, PR, 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**: Projeto de Estrutura de Madeira. Rio de Janeiro, 107p. 1997

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11941**: Madeira – Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 6 p. 2003

AMÂNCIO, A. B. **Análise da diversidade genética em populações de matámtá-amarelo (Euchweilera coriace (DC) S.A. MORI) utilizando marcadores microssatélites**. Manaus - AM, 2006. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Amazonas, 106p., 2006.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-245-81**: Standard Methods for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties for Visual Graded Lumber. American Society for Testing and aterials,Philadelphia.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1876-09**: Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration, 2009.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2015-00**: Standart test method for gross calorific value of coal and coke by the adiabatic: Bomb Calorimeter. West Conshohocken, 2000

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1666 - 11**: Métodos de teste padrão para realização de testes de usinagem de madeira e de madeira de Materiais Painel, 2011.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Annual Book of ASTM Standards. Section 4 – Construction, Volume 04.10 – Wood. West Coshohocken, 2013.

BARREIROS, R. M. **Modificações na qualidade da madeira Eucalyptus grandis causadas pela fertilização com lodo de esgoto**. Piracicaba - SP, 2006. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 112p., 2006.

BARROS, S. V. S. **Avaliação da qualidade da madeira de árvores da Amazônia por método não destrutivo de propagação de onda: tomógrafo de impulso e stress weve timer**. Manaus – AM, 2016. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 134 p., 2016

Brasil. Legislação Informatizada - LEI Nº 1.806, DE 6 DE JANEIRO DE 1953 -. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso: 16 setembro 2018a.

\_\_\_\_\_. Legislação Informatizada - LEI 12.651/2012 - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nºs 6.938/81, 9.393/96, e 11.428/06; revoga as leis nºs 4.771/65, e 7.754/89, e a medida provisória nº 2.166-67/01; e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso: 16 setembro 2018b.

BURGER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 151p. 1991

CAIXETA, M. L. L.; PASTORE, T. C. M. **Composição química da madeira de mogno (Swietenia macrophylla King)**; In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 30., 2007, São Paulo

CALVI, G. P.; FERRAZ, I. D. K. Levantamento das espécies florestais de interesse econômico e o cenário da produção de sementes e mudas na Amazônia Ocidental. **Informativo ABRATES**. v.24, n.2, 2014

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALVES, J. C. **A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira**. Brasília: MMA, 41p. (Brasil Florestal, 71) 2001

CARVALHO, A. M.; DA SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. de F. Avaliação da Usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Revista Cerne**, Lavras - MG, v. 16, Suplemento, p. 106-114, 2010.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de Pinus taeda L.** Curitiba – PR, 2005. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, 137p., 2005.

CHIES, D.; MATOS, J. L. M. de. **Métodos não destrutivos de avaliação das propriedades da madeira. Março/2003**. (Relatório de Pesquisa). Não publicado. 2003

CONAMA: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 406/09**: Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. 5p. 2009

COPANT: COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Description de características generales macroscópicas de las maderas Angiospermas Dicotiledoneas**: 30:1-019.1974.

COPANT - COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira**. vol. 30, COPANT, Colombia. 19p. 1973.

CORADIN, V. T. R.; CAMARGO, J. A. A. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para a sua identificação**. Brasília, DF: Laboratório de Produtos Florestais, 19p. 2002

COSTA, M. O. **Caracterização anatômica e colorimétrica de espécies madeiras comercializadas como "IPÊ" no Estado do Pará.** In CONGRESSO NACIONAL DE BORÂNICA, 55., Viçosa-MG, 2004

DEL MENEZZI, C. H. S.; SILVEIRA, R. R.; SOUZA, M. R. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não destrutiva de ondas de tensão. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 2, p. 325-332, 2010.

DIAS JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, A. M.; SANTOS, P. V. dos.; SILVA, M. A. da. Usinagem da madeira de cinco espécies nativas brasileiras. **REGET**, v.18, n.3, p. 1200-1206. ISSN 2236 1170, 2014.

DURGANTE, F. M. **Discriminação de espécies florestais com utilização da razão isotópica  $^{13}C$   $^{15}N$  e as espectroscopia no infravermelho próximo.** Manaus – AM, 2012. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 77p., 2012

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

FERREIRA, G. C.; ANDRADE, A. C. D. **Diretrizes para coleta, herborização e identificação de material botânico nas parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira.** Manaus: Pró-manejo/IBAMA, 42 p. 2006.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material.** Washington: U.S. Department of Agriculture, 466p (Agriculture Handbook, 72), 1987.

FURIATI, M. **Classificação estrutural de peças de madeira.** São Carlos – SP, 1981. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 129p. 1981.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOSKY, I. P. **Secagem Racional da Madeira.** São Paulo, SP: Nobel, 1984.

GARCIA, R. A.; MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e Ambiente**. v. 23 p. 124-134, 2016 ISSN 2179-8087

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; TRIBUZY, E. S. **Manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira.** Manaus, p. 140-155., 2006

HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. *Eucalyptus* for wood production. Melbourne: CSIRO, 434p. 1978.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Madeiras tropicais brasileira.** Brasília: IBAMA-LPF, 1997.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Florestas nativas para fins de exploração de madeira ou de produtos florestais.** 2015. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/?view=subclasse&tipo=cnae&versao=9&subclasse=0220901>> Acesso: 17 de outubro de 2017.



IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Amazônia Legal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=amazonia%20legal&searchphrase=all&Ite mid=6830>> Acesso: 25 de outubro de 2017.

IMAZON – INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém, PA, 2010.

INPA – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA. **Catálogo de madeiras da Amazônia: Características tecnológicas; área da hidrelétrica de Balbina**. Manaus-AM, p.164, 1991.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo: 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36)

IPT- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeiras: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: IPT/SVMA/SindusCon-SP. 59 p. 2003

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo, 2 ed, 99p. 2009.

ITTO (International Tropical Timber Organization). **Production and Consumption. Annual Review And Assessment Of The World Tropical Timber Situation 1998**. Disponível em: [www.itto.or.jp/timbersituation/timber1998/production.html](http://www.itto.or.jp/timbersituation/timber1998/production.html)>. Acesso: 18 setembro de 2018.

ITTO - **Bienal Review and Assessment of the world timber situation 2013-2014**. International Tropical Timber Organization, Yokowama, Japão. 226p.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, (Comunicação Técnica, 1797) 1989.

KOLLMANN, F. R.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin, Springer-Verlag. 1968, 592p.

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. **Fatos florestais da Amazônia 2005**. Belém: Imazon, 140p, 2005.

LIMA, J. R. A.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Situação das indústrias madeireiras do estado do Amazonas em 2000. **Acta Amazônica**. v. 35(2), p.125-132, 2005

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus. INPA. 1979

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2 368 p. Biblioteca(s): Embrapa Florestas; Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2002

LUCAS FILHO, F. C.; BOEHS, L. Usinagem da madeira na indústria de móveis. **Revista da Madeira**, v. 108, p. 56-59, 2007.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira. Informações sobre 90 espécies comerciais. Programa de desenvolvimento empresarial e tecnológico – SEBRAE/AM**. 1ª ed. Manaus. 212p, 2000.

MATTA, L. B. V.; SCUDELLER, V. V. Lecythidaceae Poit. in the Tupé Sustainable development Reserve, Manaus, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**. v.35(2), p.195-217, 2012

MELO, J. E.; CORADIM, V. T. R.; MENDES, J. C. **Classes de densidade para madeiras da Amazônia**. In: 6 Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordao, p. 695-699, 1990

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Desmatamento cai 16% na Amazônia Legal**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=2620>> Acesso: 25 de outubro de 2017.

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

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. 4. ed. Curitiba: DETF; 2012.

MORI, S. A. **A Família da Castanheira do Pará: Símbolo do Rio Negro**, In:Oliveira, A. A. DE; Daly, D. C., Varella, D. Almeida, H. DE. Florestas do Rio Negro. Companhia das Letras, UNIP, New York Botanical Garden,p. 121-141. 2001

MORI, A. S.; PRANCE, G. T. **Lecythidaceae part II: flora neotropica**. New York: The New York Botanical Garden, 170p (Monograph, 21), 1990

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. da. Caracterização da madeira Angico Vermelho (*Anadenanthera peregrina* (Benth) Speng) para confecção de móveis. **Revista Brasil Florestal**, Brasilia, v.77, n. 1, p.29-36, 2003

MORI, S. A.; BECKER, P.; KINCAID, D. **Lecythidaceae of a central Amazonian lowland forest: implications for conservation**. In R.O. Bierregaard, Jr., C. Gascon, T.E. Lovejoy, & R.C.G. Mesquita (eds.). Lessons from Amazonia. The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest. Yale University Press, New Haven & London. p. 54 - 67, 2001

MOUTINHO, V. H. P.; NOGUEIRA, M. O. G.; LIMA, J. T.; AGUIAR, O. J. R. **Caracterização química da madeira de matá-matá preto (*Eschweilera gradiflora*)**. XXI EBRAMEN, Lavras, 2010

MOUTINHO, V. H. P.; COUTO, A. M.; LIMA, J. T.; AGUIAR, O. J. R.; NOGUEIRA, M. O. G. Caracterização energética de madeiras de espécies conhecidas no Amazônia como Matá-Matá (*Eschweilera* Mart Ex Dc). **Scientia Forestalis**. v. 39, n. 92, p. 457-461, Piracicaba, 2011

MOUTINHO, V. H. P.; LIMA, J. T.; AGUIAR, J. O. R.; NOGUEIRA, M. G. O. Scientific determination and wood anatomical features of species know in Brazilian Amazonia as matá-matá (*Eschweilera spp.*) **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 55, n. 2, p. 134-141, abr./jun. 2012.

NASCIMENTO, C. S.; NASCIMENTO, C. C.; HIGUCHI, N.; CRUZ, I. A. **Caracterização tecnológica da madeira de matá-matá (*Eschweilera odora* Poepp. Miers)**. Anais do Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, v. 5. Manaus EDUA 2018. ISSN 2176-3500

NASCIMENTO, S. M.; DUTRA, R. I. J. P.; NUMAZAWA, S. **Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso**. Holos Enviroment, Rio Claro, v. 6, n. 1, p. 8-8, 2006.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. da S.; CARVALHO, P. M. de. Variações na qualidade de toras de *Tonna ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 43-49, jan./mar. 2013.

NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. Tecnologia da madeira. Curitiba: UFPR-Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologias Rurais, 200 p. 1975

NOGUEIRA, M. Classificação de peças de madeira serrada de dimensões estruturais de *Eucalyptus sp.* Com uso de ensaios não-destrutivos. Botucatu – SP, 2007. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, 168p., 2007.

PÁDUA, F. A. de; TRUGILHO, P. F.; THIERSCH,; VIRE, N. M. ; SILVA, J. M. S. Tamanho amostral para a estimativa da densidade básica em um clone híbrido de *Eucalyptus sp.* **Revista do Instituto Florestal**, v. 2, p. 41-47, 2015.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. Ed. 4 McGraw Hill, 722 p, 1980.

PELD. **Estação Experimental de Silvicultura Florestal e Reserva Florestal de Cuieiras. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração-PELD**, 2015. Disponível em: <<http://peld.inpa.gov.br/sitios/silvicultura>>. Acesso: 15 setembro de 2018.

PINTO, A. C. M.; SOUZA, A. L.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; MNETTE, L. J.; VALE, A. B. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia oriental. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 26, n.4, p. 459-466, 2002

PRATES, M. O. B.; GANDINI, M. M. **Subsídios e proposições para a formulação de uma política industrial sustentável para a Amazônia**. Brasília: ABIMCI, p. 153, 2012.

PUEHRINGER, C. A. **Uso de emissão de ondas de tensão para avaliação não destrutiva de árvores e da madeira de *Pinus taeda* L.** Curitiba – PR, 2002. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná – UFPR.104p, 2002.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M.; CARVALHO, J. O. P.; SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p.234 - 243, 2014. doi: 10.4322/rca.ao1401

REIS, P. C. M; REIS, L. P.; SOUZA, A. P.; REGO, L. J. S.; SILVA, L. F. Distribuição diamétrica após colheita de madeiras com ênfase às espécies de Lecythidaceae. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 423, 2016. doi: 10.18677/EnciBio\_2016B\_038.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J.F. **Retratibilidade volumétrica e desensidade aparente da madeira em função da umidade**. IPEF, n.39, p. 33-40, ago.1988

RODRIGUES, L.C.; SANTANA, M.A.E. Determinação do teor de sílica em madeira por espectroscopia de absorção atômica de chama versus espectroscopia no ultravioleta-visível. **Revista Ciências Florestal**, Santa Maria, v.18, n. 2, p. 259-264. 2008. ISSN 0103-9954

ROWELL, R.M. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. Boca Raton: Taylor and Francis, 2005.

SANTANA, A.C.; SANTOS, M.A.S.; OLIVEIRA, C.M. Comportamento histórico da produção e comércio de madeira do Estado do Pará nos mercados local e internacional. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento (FAINOR)*, Belém, v. 6, n. 11, jul/dez, 2010

SANTANA, M.A.E.; OKINO, E.Y.A. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. *Holzforschung*, Berlin. v. 61, p. 468–477, 2007

SANTANA, M.A.E.; RODRIGUES, L.C.; CORADIN, V.A.R.; OKINO, E.Y.A.; SOUZA, M.R. Sílica content of 36 Brazilian tropical wood species. *Holzforschung*, Berlin. v. 67, p. 19–24, 2013

SCHMITT, A.R.K. **Varição geográfica e intraespecífica da densidade básica da madeira do gênero *Eschweilera* (*E. coriacea* e *E. truncata*) no estado do Amazonas.** Manaus – AM, 2017. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 57p., 2017.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados.** Belém, PA, 20p, 2010

SFB – Serviço Florestal Brasileiro. **Boletim SNIF (Sistema Nacional de Informações Florestais) 2016.** Disponível em: < [http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/boletim-producao-florestalSfb 2016](http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/boletim-producao-florestalSfb%2016)>. Acesso: 05 de outubro de 2017.

SILVA, J. C. **Análise estratégica da produção madeireira sustentada na Amazônia Brasileira.** Brasília – DF, 2008. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade de Brasília, 117p, 2008.

SILVA, D. A.; ALMEIDA, V. C.; VIANA, L. C.; KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B. Avaliação das Propriedades Energéticas de Resíduos de Madeiras Tropicais com Uso da Espectroscopia NIR. **Floresta e Ambiente.** Vol. 21, p. 561-568, 2014. ISSN 2179-8087

SILVA, J.; MATTOS, J; MUNIZ, G. B. **Influência das características anatômicas da madeira na sua usinagem.** XV Congresso florestal brasileiro. Belo Horizonte, 1999. Anais. p-232-239. 1999.

SLOOTEN, H. J. V. D. **Avaliação das espécies madeireiras da Amazônia selecionadas para a manufatura de instrumentos musicais.** INPA, 123 p, 1993.

STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; SANTINI, E. J.; DOMINGUES, J. M. X.; GATTO, D. A.; MELO, R.R. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não-destrutivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 145-150, abr./jun. 2008. Calegari 2013

STEEGE, H.; PITMAN, N. C.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SALOMÃO, R. P.; GUEVARA, J. E.; MONTEAGUDO, A. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, 2013. 342 (6156), 1243092.

STEEGE, H.; PITMAN, N. C. A.; PHILLIPS, O. L.; CHAVE, J.; SABATIER, D. et al. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. **Nature**, 443, 444–447, 2006

- TAQUES, A. C.; ARRUDA, T. P. M. Usinagem da madeira de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*). **Revista de Ciências Agroambientais**, v.14, n.1, p.97-103. Alta Floresta, MT, 2016.
- TRIANOSKI R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da Estabilidade Dimensional de Espécies de Pinus Tropicais. **Revista Floresta e Ambiente**. Curitiba, 2013.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: Structure, properties and utilization**. New York, Van Nostrand Reinold, p. 494, 1991.
- VAN DER SLOOTEN, H. J.; DE PAULA, E. V. C. M. Evaluation of non destructive test methods in stress grading of Amazonian timber species. **In: International Union of Forest Research (IUFRO)** p. 5.01. Properties and Utilization of tropical Timbers, Manaus, 1984
- VERÍSSIMO, A. **Influência do Promanejo sobre políticas públicas de manejo florestal sustentável na Amazônia**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 49, 2005.
- VERÍSSIMO, A.; BARROS, A. C. **Expansão madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. Belém: Imazon, p.166, 2002.
- WANG, X.; CARTER, P.; ROSS, R. J.; BRASHAW. Acoustic assessment of wood quality of raw forest materials – A path to increased profitability. **Forest Products Journal**, v. 57, n.5, p.6-14, 2007
- ZAMARIAN, E. H. C.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; MATOS, J. L. MONTEIRO, C. Usinagem da madeira de bracinga para uso na indústria moveleira. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 631 - 638, jul./set. 2012.
- ZERBINI, N.J. **Madeiras tropicais com potencial comercial da região do Rio Xingu (Pará, Brasil): propriedades tecnológicas e cadeia produtiva**. Brasília – DF, 2008. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade de Brasília,187p. 2008
- ZOBEL, J. B.; BUJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. New York, Springer-Verlag, 363p. 1989.