

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA**

**ANA LAURA SANTANA DA SILVA**

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS EM DEZ ESPÉCIES DE MADEIRAS  
AMAZÔNICAS**

Itacoatiara

2018

**ANA LAURA SANTANA DA SILVA**

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS EM DEZ ESPÉCIES DE MADEIRAS  
AMAZÔNICAS**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Florestal, do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT, da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, como requisito para obtenção do título de bacharela em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Souza Mafra  
Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. M. Sc. Giselle Larissa Rebouças Couto Silva

Itacoatiara  
2018

ANA LAURA SANTANA DA SILVA

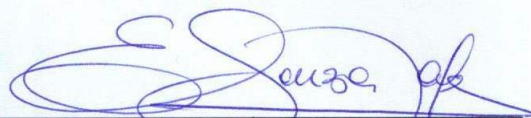
**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS EM DEZ ESPÉCIES DE MADEIRAS  
AMAZÔNICAS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito obrigatório para a obtenção do título de bacharela em Engenharia Florestal.

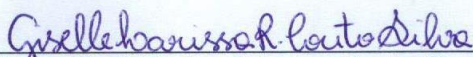
Itacoatiara-AM, 05 de dezembro de 2018.

Nota: 9.0

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Eduardo de Souza Mafra – UEA  
(Orientador)



Prof.ª M. Sc. Giselle Larissa Rebouças Couto Silva – UEA  
(Coorientadora)



Prof. Dr. Anizio de Araújo Cavalcante – UEA

*Dedico:*

*Aos meus pais, Bispo Ribeiro da Silva e*

*Lenilda Pereira Santana*

*Aos meus irmãos Fernando Santana e Felipe Santana*

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a minha família por todo apoio e auxílio sempre que precisei. Obrigada por me suportar nos dias ruins e se alegrar comigo nos dias bons.

Bispo Ribeiro da Silva e Lenilda Pereira Santana, obrigada por serem os pais mais amorosos que eu poderia ter.

Fernando Santana e Felipe Santana, vocês são essenciais na minha vida, obrigada por terem me dado sobrinhos maravilhosos. Apesar da distância, eu sempre penso em vocês. Amovos irmãos!

Aos meus colegas e amigos da turma 11 pelos inesquecíveis momentos vividos, pelas alegrias partilhadas durante esses cinco anos.

Ao meu orientador, prof. Dr. Eduardo de Souza Mafra por todo o apoio na realização deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) por todo apoio necessário na realização do experimento.

E a todos que no período de desenvolvimento deste trabalho não foram citados e de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica.

## RESUMO

A madeira é um dos materiais mais utilizados pelo homem devido sua grande variabilidade, como por suas propriedades físicas e mecânicas, além de suas características estéticas. Entretanto, os dados quantitativos especificamente sobre a composição química das espécies tropicais brasileiras são escassos na literatura. Esses dados podem ser encontrados na forma de porcentagens de extrativos, cinzas e lignina. Para apenas algumas espécies tropicais, mas para um grande número de espécies, ainda falta a quantificação deles. Os compostos minerais conhecidos como cinza fornecem informações da quantidade de substâncias inorgânicas. Quando se visa o uso energético de resíduos de madeira, algumas características são fundamentais, dentre elas o teor de cinzas, para assim se avaliar a viabilidade do uso desse material. O objetivo desse trabalho foi quantificar o teor de cinzas presente no lenho de 10 espécies de madeiras amazônicas. Foram selecionadas amostras de 10 espécies de madeiras que são exploradas pela empresa Mil Madeiras Preciosas. Cada amostra, em formato de cunha, foi dividida em duas sendo que uma foi utilizada para análises de cinza e a outra para estudos anatômicos, posteriormente as amostras, foram transformadas em serragem em moinho de facas. O teor de cinzas foi determinado pela Norma ASTM D1102-84 (2007), usando cadinhos de porcelana para calcinação das amostras em mufla à temperatura de 580~600°C. Os teores de cinzas encontrados em todas as espécies estão entre os valores considerados como normais para espécies tropicais. Das espécies estudadas apenas a jarana (*Holopyxidium jarana*) e o taxi amarelo (*Sclerolobium paniculatum*) não tiveram suas identificações prévias confirmadas pela análise macroscópica realizada em laboratório. Tais espécies foram identificadas neste estudo como sendo jutaí café (*Dialium guianense*) e taxi preto (*Tachigali myrmecophila*). Apesar dos teores de cinzas encontrados em todas as espécies estarem entre os valores aceitáveis para espécies tropicais, as espécies preciosa (*Aniba canelilla*), louro itaúba (*Mezilaurus itauba*) e jutaí pororoca (*Martiodendron elatum*) apresentaram teores acima de 1,50% não sendo, portanto, remendado o seu uso para a produção de carvão vegetal.

**Palavras-chave:** Madeiras tropicais, teor de cinza, aproveitamento de resíduos, análise macroscópica.

## ABSTRACT

Wood is one of the materials most used by man due to its great variability, as for its physical and mechanical properties, as well its aesthetic characteristics. However, specific data on the quantitative chemical composition of Brazilian tropical species are scarce in the literature. These data can be found as percentages of extractives, ashes, lignin, for only a few tropical species, but for a large number of species, their quantification is still missing. The mineral compounds known as ashes provide information on the amount of inorganic substances, aiming at the energetic use of wood residues, some characteristics are fundamental, among them the ash content, to evaluate the feasibility of the use of this material. The objective of this work was to quantify the ash content in the wood of 10 Amazonian wood species. Samples were selected from 10 species of wood that are being exploited by Mil Madeiras Preciosas. Each wedge-shaped specimen was divided into two, one of which was used for ash analysis and the other for anatomical studies, the samples were then processed into sawdust in a knife mill. The ash content was determined by ASTM Standard D1102-84 (2007), using porcelain crucibles for calcination of samples in a muffle oven at a temperature of 580 ~ 600°C. Ashes contents found in all species are among the values considered accepts for tropical species. Of the species studied, only 'jarana' (*Holopyxidium jarana*) and 'taxi amarelo' (*Sclerolobium paniculatum*) did not have their previous identifications confirmed by the macroscopic analysis performed in the laboratory. These species were identified in this study as 'jutaí café' (*Dialium guianense*) and 'taxi preto' (*Tachigali myrmecophila*). The ash contents found in all species are among the acceptable values for tropical species, but the species 'preciosa' (*Aniba canelilla*), 'louro itaúba' (*Mezilaurus itauba*) and 'jutaí pororoca' (*Martiodendron elatum*) presented levels above 1.50%, therefore, patched its use for the production of charcoal.

**Keywords:** Tropical woods, ash content, waste management, microscopic analysis.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da empresa Mil Madeiras Preciosas e suas áreas manejadas e não manejadas.....	24
<b>Figura 2A.</b> Aspecto das amostras utilizadas neste estudo; <b>B.</b> Corte das amostras em serra circular de bancada para realização dos diferentes ensaios.....	245
<b>Figura 3A.</b> Redução das dimensões das amostras em serra de fita; figura <b>B.</b> Moagem das amostras para os ensaios de umidade e de cinza. ....	256
<b>Figura 4A.</b> Lixamento das amostras para o estudo de identificação pela análise macroscópica; <b>B.</b> Refinamento do lixamento com lixa d'água para melhor visualização da estrutura anatômica. ....	267
<b>Figura 5.</b> <b>A.</b> Amostras de serragem para determinação do teor de umidade; <b>B.</b> Balança analítica utilizada para a pesagem das amostras.....	28
<b>Figura 6A.</b> Amostras em cadinhos de porcelana; figura <b>B.</b> forno mufla para calcinação da serragem a 600°C. ....	289



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Espécies estudadas com identificação prévia dado pela empresa mil madeiras preciosas por nome vulgar e científico.....	24
<b>Tabela 2.</b> Identificação das espécies fornecida pela empresa e identificação macroscópica. .	29
<b>Tabela 3.</b> teores de umidade e de cinzas das espécies estudadas.....	30
<b>Tabela 4.</b> Teores de cinzas das espécies estudadas.....	31

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
1.1 O MATERIAL MADEIRA .....	13
1.2 ALGUMAS PROPRIEDADES DA MADEIRA .....	14
1.2.1 Teor de umidade.....	14
1.3 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA .....	14
1.3.1 Componentes estruturais .....	15
1.3.2 Componentes não estruturais .....	16
1.3.2.1 Extrativos da madeira.....	16
1.3.2.2 Cinzas .....	16
1.4 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS.....	17
1.5 ESPÉCIES DE ESTUDO .....	18
1.5.1 Jutaí café ( <i>Dialium guianense</i> ).....	18
1.5.2 Piquiarana ( <i>Caryocar glabrum</i> ) .....	18
1.5.3 Cupiúba ( <i>Goupia glabra</i> ).....	19
1.5.4 Sucupira preta ( <i>Diploptropis racemosa</i> ).....	19
1.5.5 Preciosa ( <i>Aniba canelilla</i> ) .....	20
1.5.6 Louro chumbo ( <i>Licaria canella</i> ).....	20
1.5.7 Jutaí pororoca ( <i>Martiodendron elatum</i> ).....	20
1.5.8 Louro preto ( <i>Ocotea neesiana</i> ) .....	21
1.5.9 Louro itaúba ( <i>Mezilaurus itauba</i> ).....	21
1.5.10 Taxi preto ( <i>Tachigali myrmecophila</i> ) .....	22
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
2.1 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS .....	23
2.2 DESCRIÇÃO ANATÔMICA .....	25
2.3 TEOR DE UMIDADE.....	26
2.4 TEOR DE CINZAS .....	27
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
3.1 DESCRIÇÕES ANATÔMICAS .....	29
3.2 TEORES DE UMIDADE E DE CINZA .....	30
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>38</b>

## INTRODUÇÃO

A madeira é um dos materiais mais utilizados pelo homem devido sua grande variabilidade, como por suas propriedades físicas e mecânicas, além de suas características estéticas (BARREIROS, 2016).

Segundo Santos, Varejão e Nascimento (2008), a madeira é um produto valioso, devido às suas diversas formas de uso como: material de construção, combustível e matéria-prima para a fabricação de diversos artigos indispensáveis à vida humana. No Brasil, principalmente na Amazônia, existe um grande número de espécies florestais com potencial madeireiro, em função da grande biodiversidade desse bioma (AGUIAR, 2004).

A disponibilidade desse potencial esbarra na escassez de resultados de pesquisas tecnológicas, uma vez que a maioria das espécies florestais ainda não tem suas propriedades tecnológicas definidas (AGUIAR, 2004). Dessa forma, o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira de diferentes espécies é fundamental para a correta utilização em processos produtivos (BARREIROS, 2016), além disso, a determinação dos constituintes químicos da madeira é de extrema importância para identificar as características de cada espécie e sua devida aplicabilidade (OLIVEIRA; VAREJÃO; CRUZ, 2013).

Entretanto, os dados específicos sobre a composição química quantitativa das espécies tropicais brasileiras são escassos na literatura. Segundo Santana e Okino (2007), esses dados podem ser encontrados na forma de porcentagens de extrativos, cinzas, lignina, para apenas algumas espécies tropicais, para um grande número de espécies tropicais principalmente, ainda falta à quantificação desses compostos.

A existência desses constituintes na madeira depende das condições ambientais sob as quais a árvore cresce e da localização do mineral na planta. Eles compreendem principalmente: potássio e cálcio, que compõem até 50% dos cátions na cinza da madeira (SANTOS; VAREJÃO; NASCIMENTO, 2008).

Os compostos minerais conhecidos como cinzas fornecem informações da quantidade de substâncias inorgânicas, provenientes principalmente da seiva bruta (SOUZA, 2017). Eles são constituídos basicamente por sulfatos, oxalatos, carbonatos e silicatos, tendo como cátions mais comuns o cálcio, potássio, magnésio e manganês (RODRIGUES *et al.*, 2010). A análise desses compostos é feita em mufla utilizando-se altas temperaturas (MENDOZA, 2016).

Os resíduos de madeira podem ter basicamente dois destinos principais: como matéria prima para produtos de maior valor agregado e para fins energéticos (SANTOS, 2017).

O teor de cinza de uma espécie influencia diretamente no poder calorífico e o desempenho do carvão. A utilização de resíduos madeireiros industriais para a geração de energia, sobretudo na forma de carvão vegetal, pode ficar comprometida pela presença desses compostos minerais.

Atualmente todo resíduo madeireiro gerado na serraria da Mil Madeiras Preciosas é queimada para geração de energia, mas será que realmente essa é uma boa destinação?

Diante disso este estudo teve como objetivo quantificar o teor de cinza presente no lenho de dez espécies de madeiras amazônicas e para alcançar esse objetivo será feito uma análise macroscópica da anatomia das madeiras das espécies de estudo para fins de comprovação de suas identificações, assim como uma quantificação o teor de umidade das madeiras na base seca e a determinação do teor de cinza.

# 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 O MATERIAL MADEIRA

A madeira é um material orgânico, e os seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas propriedades (PORTAL DA MADEIRA, 2009). É o resultado de um processo orgânico e, conseqüentemente, é um material heterogêneo estruturalmente complexo, evidenciado pelas diferentes proporções e distribuições dos seus elementos anatômicos ao longo do lenho. Tais características resultam em diferentes propriedades (físicas, mecânicas e tecnológicas) entre espécies diferentes, entre indivíduos de uma mesma espécie e, também, entre as diferentes posições do tronco consideradas dentro de um mesmo indivíduo. Todas essas diferenças são devidas a vários fatores, como a qualidade do sítio onde as árvores habitam, condições de clima, relevo, temperatura, umidade, carga genética, tratos culturais e silviculturais.

Para Beltrame *et al.* (2010), a madeira merece destaque, por causa da grande variabilidade de suas propriedades, das possibilidades de uso e da existência da ampla variedade de espécies existentes, o conhecimento dessas diferentes propriedades permite formar uma base tecnológica para o uso racional desse material.

A madeira é um material excepcional como material de construção além de ter qualidades muito grandes como matéria prima para outros produtos industrializados, e que vem sendo utilizada desde os primórdios da civilização (COUTINHO, 1999).

Já no campo energético, a madeira é tradicionalmente chamada de lenha e, nessa forma, sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade, tendo sido sua primeira fonte de energia, inicialmente empregada para aquecimento e cocção de alimentos. Ao longo dos tempos, passou a ser utilizada como combustível sólido, líquido e gasoso, em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (BRITO, 2007).

Como resultado da sua origem biológica a madeira apresenta, em geral, grande variabilidade, verificando-se este fato dentro da mesma espécie, mas sobretudo entre material proveniente de espécies diferentes. Além disso, é um material que exhibe uma heterogeneidade significativa e uma anisotropia acentuada. Por estas razões, é de especial interesse a identificação e o conhecimento das características anatômicas das espécies de madeira, assim como, a apreciação da qualidade da madeira tendo em conta a utilização que se pretende (ALMEIDA, 1990).

## 1.2 TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA

As árvores absorvem água e sais minerais do solo que, circulando pelos vasos, deslocam-se até as folhas, constituindo a seiva bruta. Das folhas em direção às raízes circula a seiva elaborada, em consequência, a madeira das árvores vivas ou recentemente derrubadas apresenta alto teor de umidade (JANKOWSKY, 1990). Para fins de secagem de madeira serrada, o teor de umidade pode ser definido como sendo a quantidade de água que uma peça de madeira contém (MARTINS, 1988).

O teor de umidade da madeira é um fator importante, normalmente inviabiliza a industrialização da madeira no estado verde, pois o teor de umidade da madeira também, o teor de umidade da madeira também está relacionado com as propriedades de resistência da madeira, sua suscetibilidade a fungos, entre outras propriedades da madeira. (MORESCHI, 2012).

A presença de água na madeira afeta diretamente o poder calorífico líquido, até mais que a espécie, e essa relação é inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o teor de umidade, menor o poder calorífico líquido (BRAND, 2010). Para Tillman (1978), o teor de umidade, além de influenciar significativamente o poder calorífico líquido, afeta também as propriedades de ignição e a eficiência energética.

O teor de umidade da madeira pode ser determinado de cinco maneiras diferentes: secagem em estufa, destilação, titulação, utilização de elementos higroscópicos e pela determinação de certas propriedades elétricas (KOLLMANN, CÔTÉ, 1968).

O método da secagem em estufa, em geral, é o mais preciso, mas é demorado e requer que as amostras sejam cortadas do material. Outra abordagem para o método da secagem em estufa é descrito pela norma da ABNT NBR 14660, que reduz a amostra à serragem, fazendo com que o tempo de duração do ensaio seja significativamente reduzido.

## 1.3 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA

A composição química elementar da madeira é o conteúdo em porcentagem de massa de carbono, hidrogênio, enxofre, oxigênio, nitrogênio, umidade e cinzas. É a característica técnica mais importante quando se olha a madeira como um combustível. A composição imediata de uma amostra é o conteúdo em porcentagem de massa de carbono fixo, voláteis, umidade e cinzas (BRAND, 2010).

Os elementos químicos combinados formam as substâncias orgânicas da madeira como os polímeros, carboidratos e extrativos. Os carboidratos formam a celulose e polioses e os

polímeros formam a lignina, que, por sua vez é rica em carbono. O poder calorífico superior do carbono puro vale 8049 kcal/kg, que dentre os elementos que constituem a madeira é o que mais produz energia térmica na combustão (SANTANA, 2009).

### 1.3.1 Componentes estruturais

Os componentes fundamentais ou estruturais são aqueles que existem em toda e qualquer madeira e sem os quais ela perde sua identidade ou a sua estrutura. Na sua quase totalidade, estes constituintes são de natureza orgânica e não podem ser removidos pela ação de qualquer solvente, sem que haja a consequente destruição de sua estrutura. Os polissacarídeos insolúveis em água são os principais representantes dos compostos fundamentais da madeira, incluindo, principalmente, a celulose e as hemiceluloses. Santos (2011), os define assim:

**Celulose** - É o constituinte mais abundante nos vegetais, representando cerca de 40% da massa de madeira seca. Nos vegetais superiores aparece, principalmente, sob forma de fibras. A origem química da celulose é baseada na glicose, que corresponde a um monossacarídeo com seis átomos carbonos na sua estrutura, onde ocorrem cinco grupos hidroxílicos alcoólicos e um grupo aldeídico.

**Hemicelulose** - representam cerca de 25% da composição de matéria seca da madeira. São compostas de cadeias mais curtas que as celulosas e a sua terminologia é complexa, sendo reagrupada em polissacarídeos. Juntamente com a celulose, formam a fração da madeira denominada holocelulose. Essa classe de moléculas diferencia-se da celulose, principalmente, porque elas são solúveis em soluções alcalinas diluídas, hidrolisam-se pela ação de ácidos diluídos a quente, produzindo outros monossacarídeos além da glicose, por possuírem baixo grau de polimerização e, conseqüentemente, pequeno peso molecular.

**Lignina** - a lignina representa cerca de 25 a 30% do peso seco da madeira. A lignina encontra-se incrustada nas paredes celulares, estando, na grande maioria, localizadas nas paredes primárias. É um polímero tridimensional, cuja maior parte é formada pela copolimerização de dois álcoois fenilpropanóicos. A lignina é o composto mais importante, quando se objetiva a produção de carvão vegetal, pois o rendimento gravimétrico do processo de carbonização e a qualidade do carvão produzido estão diretamente relacionados aos teores presentes na madeira.

### 1.3.2 Componentes não estruturais

Os componentes não estruturais são aqueles que não tomam parte essencial da formação da estrutura da madeira. São compostos com baixo grau de polimerização, ou mesmo não polimerizados. Estes incluem as substâncias solúveis em solventes orgânicos neutros (álcool, benzeno, tolueno, éter e outros), solúveis em água, ou que possam ser arrastados pelo vapor de água. Estes componentes são os chamados extrativos da madeira.

#### 1.3.2.1 Extrativos da madeira

Os extrativos são os responsáveis pela cor, odor e resistência ao apodrecimento e ao ataque de insetos, das madeiras. Além disto, tem influência nas propriedades da madeira como permeabilidade, densidade e dureza (PETTERSEN, 1984). Ainda fazem parte desse grupo às substâncias minerais, designadas por cinzas e também a sílica que são estruturalmente ligadas aos carboidratos, e outros elementos, tais como cátions metálicos, que geralmente estão ligados ou complexados pela lignina, carboidratos e sílica.

A influência dos extrativos na caracterização energética da madeira depende da natureza dos componentes e das quantidades relativas presente na mesma. Por serem compostos orgânicos todos os componentes da madeira contribuem na liberação de energia quando esta é aplicada com tal propósito. Porém, o poder calorífico é mais alto na presença de um maior teor de lignina e extrativos, devido ao fato de que estes contêm menores porcentagens de oxigênio do que os polissacarídeos (SANTANA, 2009).

#### 1.3.2.2 Cinzas

A porção inorgânica da madeira, como a cinza, é analisada por incineração da madeira a uma temperatura de 600~850°C (SILVA, 2013). As cinzas representam a mistura de todos os componentes restantes após a combustão completa da madeira, sendo compostas, geralmente, por resíduos de óxido de minerais (COSTA, 2016). Segundo Souza (2007), madeiras crescendo naturalmente em zonas temperadas, contêm de 0,2 a 0,9% de componentes minerais, dos quais, 0,5% de cinzas, enquanto de que madeiras de zonas tropicais podem conter até 5% de cinzas.

Os constituintes minerais são principalmente, de sais de cálcio, potássio e magnésio, e sais de outros elementos que estão presentes em menor quantidade. Os radicais ácidos são carbonatos, fosfatos, silicatos, sulfatos e em alguns casos oxalatos. Apesar da composição da



cinza ser variável, muitas vezes está composta de 40 a 70% de óxido de cálcio, 10 a 30% de óxido de potássio, 5 a 10% de magnésio e 0,5 a 2% de óxido de ferro. Os óxidos de alumínio, manganês e sódio também estão presentes, e análises espectroscópicas indicam a presença de vários outros minerais. A migração dos compostos inorgânicos para a superfície com deposição durante a secagem reduz a inflamabilidade das espécies madeireiras (BROWNING, 1963).

Medeiros (2014) relata que teores de cinzas elevados na madeira podem provocar danos em fornalhas e em outros equipamentos em que ela é utilizada como fonte de energia.

#### 1.4 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

A atividade industrial madeireira no Brasil é altamente geradora de resíduos (WIECHETECK, 2009). O processo de conversão de toras em madeira serrada envolve a geração de um grande volume de resíduos. Em geral, o rendimento nesse processo é de 50%, ou seja, para uma determinada quantidade de madeira serrada se produz a mesma quantidade em resíduos (ZANIN *et al.*, 2002). No entanto, os resíduos de madeira gerados no processamento que não são utilizados podem deixar de ser um passivo ambiental, sendo processados como matéria-prima para diversos fins.

Os resíduos de madeira podem ter basicamente dois destinos principais: como matéria prima para produtos de maior valor agregado e para fins energéticos (SANTOS, 2017). Dentro da cadeia produtiva da madeira, o carvão vegetal se destaca como fonte de energia renovável. O percentual de madeira, originada de florestas plantadas, utilizado na produção brasileira no ano de 2016 foi de 90,1%, enquanto os 9,9% restantes vieram da extração vegetal (IBGE, 2017).

Contudo, visando o uso energético desses resíduos ressalta-se que deve haver o emprego racional da madeira, por meio da geração de energia, algumas características são fundamentais, dentre elas o teor de cinzas, para avaliar a viabilidade do uso desse material (VITAL, 2013).

Como não existe uma norma nacional estabelecida para determinar a qualidade do carvão vegetal, o Estado de São Paulo criou em 2003 o Selo Premium atribuído para Carvão Vegetal Premium com o objetivo de padronizar características de qualidade. O valor considerado satisfatório para o teor de cinza é 1,50% (SÃO PAULO, 2003).

## 1.5 ESPÉCIES DE ESTUDO

### 1.5.1 Jutáí café (*Dialium guianense*)

Pertencente à família Fabaceae é uma árvore de grande porte que pode atingir mais de 35 m de altura (DOMINGUES, 2016). Ocorrendo no Brasil nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Alagoas, Bahia, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Sergipe, Mato Grosso, Espírito Santo e Minas Gerais (LIMA; FALCÃO, 2014). Ocorre em áreas antropizadas, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (CAMARA, 2017).

O tronco da árvore apresenta pequenas sapopemas na base, o fuste é ereto e cilíndrico, casca lisa, fina, exsudando seiva viscosa vermelho (IPT, 2013). Casca rica em lenticelas, lisa a rugosa a levemente fissurada, castanha, acinzentada ou avermelhada, cerne castanho e albúrneo creme a amarelo. Os frutos são pequenos, globosos, agridoces, comestíveis (DOMINGUES, 2016).

A madeira é usada na construção civil como vigas e caibros. Usada também, como ornamental, pela beleza de seu tronco e sua copa, indicada para reflorestamento de áreas degradadas, mobiliário fino, carvão, alimentação animal, medicina popular, produção melífera, arborização urbana, paisagismo e reposição de mata ciliar não inundável (CAMARA, 2017).

### 1.5.2 Piquiarana (*Caryocar glabrum*)

A *Caryocar glabrum* é uma espécie que pertence à família Caryocaraceae, a ocorrência no Brasil é nos estados do Amapá, Amazonas, Maranhão, Pará, Rondônia. É uma árvore de grande porte, por vezes atingindo até 50 m de altura, com pesada galharia (IPT, 2018). Possui tronco cilíndrico, reto, é uma madeira pesada com albúrneo pouco diferenciado do cerne bege amarelado, grã regular e o cheiro, quando recém-cortado é semelhante a vinagre (BRANDÃO, 2010).

A madeira de piquiarana é difícil de ser trabalhada, tanto com ferramentas manuais como mecânicas. Produz superfície áspera, depois de aplainada, devido à grã revessa, bom acabamento em pintura, verniz e polimento (IPT, 2003).

Seus principais usos são para a produção de dormentes, armações de cavernas de embarcações, tanoaria, marcenaria, estacas, vigas, caibros, ripas, tábuas, tacos para assoalhos, marcos de portas e janelas, postes, esteios, mourões (SINDIMASP, 2010).

### **1.5.3 Cupiúba (*Goupia glabra*)**

Pertencente à família Celastraceae, árvore de grande porte, atingindo normalmente de 25 a 30 m de altura e de 80 a 120 cm de diâmetro. Sua casca é fibrosa, de superfície escamosa (REMADE, 2018).

Cerne bege rosado a acastanhado, uniforme, ou às vezes com veios mais escuros, pardos-rosados, alburno não muito diferenciado, grã direita, textura média, superfície com pouco brilho. Apresenta cheiro característico e desagradável quando verde e gosto imperceptível (SILVA, 2002).

Ocorre na região amazônica, abrangendo o Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia e Panamá. No Brasil, foi encontrada nos estados do Amazonas, Roraima, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Rondônia. Habita a floresta tropical de terra firme, em platôs, vertentes suaves e baixios, tanto em solos arenosos quanto argilosos bem drenados (ITRSA, 2005).

A madeira de cupiúba é fácil de trabalhar com ferramentas manuais ou com máquinas. É fácil de serrar, aplainar, torneiar, colar e parafusar, o uso de pregos sem furação pode provocar rachaduras (IPT, 2018). É usada para diversas finalidades, como vigas, caibros, ripas, batentes de portas e janelas, tábuas para assoalhos e rodapés, dormentes, estacas, mourões, postes, cruzetas, pontes, caixas, engradados, torneados, móveis, embarcações, carrocerias, compensados, faqueados, lenha e carvão (ITRSA, 2005).

### **1.5.4 Sucupira preta (*Diplotropis racemosa*)**

Pertencente à família Fabaceae é uma espécie arbórea considerada pioneira a secundária tardia, apresenta tolerância a solos secos, de fertilidade baixa e com textura arenosa, além de germinar mesmo sob condições de pouca disponibilidade de água (MOURA, 2012). Árvore é pequena nos campos, mediana ou grande na mata. Na mata, as árvores antigas podem atingir até 45 m de altura e 120 cm de diâmetro (UMAÑA; ALENCAR, 1993). O cerne e alburno distintos pela cor, cerne pardo escuro acastanhado com aspecto fibroso, brilho ausente, cheiro e gosto imperceptíveis, densidade alta, dura ao corte (IPT, 2018). Pode ser utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, e sua madeira, por ser de alta densidade e longa durabilidade natural, é empregada na construção civil e na fabricação de móveis (LORENZI, 2008).

### **1.5.5 Preciosa (*Aniba canelilla*)**

As Lauraceae destacam-se entre as demais famílias pela sua importância econômica seja no uso da madeira, na culinária e na medicina popular (SILVA, 2002). A espécie *Aniba canelilla* é nativa da região Amazônica, distribuindo-se amplamente nas matas pluviais do interior da Guiana Francesa, ao longo do escudo das Guianas, atravessando Suriname, Venezuela e Colômbia até à Amazônia peruana. No Brasil, ocorre nos estados do Pará e Amazonas (LUPE, 2007).

Árvore mediana de caule acinzentado, folhas elípticas, flores amareladas, dispostas em cachos, cerne distinto de cor marrom amarelado escuro (REMADE, 2018). Esta árvore fornece madeira de ótima qualidade, apropriada para mobiliário e construção civil (LUPE, 2007). Também é enormemente utilizado na medicina popular contra artrite, esgotamento nervoso, e também como redutora da albumina no sangue (SILVA, 2002).

### **1.5.6 Louro chumbo (*Licaria canella*)**

Pertencente à família Lauraceae é uma árvore mediana a grande (15-40 m de altura), encontrada na mata de terra firme e em solo argiloso (PINTO; VARELA; BATALHA, 1993). Essa espécie é encontrada principalmente nos estados do Amazonas, Amapá e Pará.

É uma madeira moderadamente pesada de cor amarela acastanhada e textura média, com gosto de cheiro indistintos (REMADE, 2018). Por apresentar reabilitabilidade média e resistência mecânica entre média e alta, é indicada para fabricação de mobiliário de utilidade geral, assoalhos domésticos, construção civil pesada e leve, transporte, laminados e compensados em geral (PINTO; VARELA; BATALHA, 1993).

### **1.5.7 Jutáí pororoca (*Martiodendron elatum*)**

A espécie *Martiodendron elatum* Ducke, pertence à família Fabaceae e distribui-se naturalmente por toda a Região Amazônica (REMADE, 2018). Principalmente nos estados de Mato Grosso, Pará, Acre, Rondônia, Amazonas e Amapá, particularmente abundante nos estados de Mato Grosso e Pará, sendo sua dispersão irregular e descontínua, ocorrendo geralmente na terra firme sobre solos argilosos ou argilo-silicosos (LOGSDON; FINGER; MENDOZA, 2013).

A árvore pode alcançar altura superior a 35 m e até de 1 m de diâmetro (AMATA, 2018). Nessa espécie, o fuste é alto, muito circular e cilíndrico, a ramificação é cimosa com a copa aberta.

A madeira dessa espécie é moderadamente pesada, com albarno e cerne distintos, o cerne é castanho avermelhado apresenta textura média, com grã regular, sem cheiro e o gosto é indistinto (REMADE, 2018). É utilizada na construção civil, recomendada para a produção de vigas, caibros, sarrafos, marcos de portas e janelas, guarnições, forros e móveis (AMATA, 2018).

### **1.5.8 Louro preto (*Ocotea neesiana*)**

Pertencente à família Lauraceae é uma árvore perenifólia, de 25 a 30 m de altura, com ocorrência desde as Guianas até Mato Grosso, Minas Gerais e Paraná (REMADE, 2018).

Árvore com casca rugosa, cerne e albarno pouco distinto com cor castanho amarelado, grã direita, textura média, cheiro imperceptível, brilho acentuado (LIRA, 2016). Abrange todo o território brasileiro, com maior ocorrência de espécie na região amazônica.

Madeira moderadamente pesada e macia ao corte. Por apresentar propriedades mecânicas médias, ser de cor agradável e de boa trabalhabilidade é indicada para móveis de alta classe e folhas faqueadas e decorativas (REMADE, 2018), e também para construção civil, assoalhos, treliças, tabuas, venezianas e construção naval (LIRA, 2016).

### **1.5.9 Louro itaúba (*Mezilaurus itauba*)**

Da família das Lauraceae, muito comum na região de Óbidos no Pará e no Rio Tapajós, dispersando-se até as Guianas e o Estado de Mato Grosso, encontrada sempre em solos pobres, silicosos ou argilossilicosos (REMADE, 2018).

A altura média é de 7 a 22 m, cerne amarelo oliváceo quando recém-polido, tornando-se pardo havana claro, escurecendo para pardo havana escuro, uniforme, textura média, grã ondulada ou revessa; superfície irregularmente lustrosa e lisa ao tato, cheiro ligeiramente adocicado e gosto imperceptível (AMATA, 2018).

É uma madeira pesada de alta densidade possui superfície lisa e apresenta alta resistência aos efeitos do tempo e de pragas, podendo ficar exposta a intempéries sem prejudicar sua estrutura. Em função disso, sua aplicabilidade tem destaque em colunas, decks, degraus,

esquadrias, pergolados, sacadas, corrimões, móveis rústicos, revestimento de paredes, forros e rodapés (REMADE, 2018).

#### **1.5.10 Taxi preto (*Tachigali myrmecophila*)**

A espécie *Tachigali myrmecophila* Ducke é conhecida na região norte pelo nome vulgar de tachi preto, taxi, tachi pitomba e tachizeiro, a espécie está inserida no grupo ecológico de espécies intolerantes à sombra, e pertence à família Leguminosae (SALDANHA, 2009).

Árvore mediana à grande, chegando a atingir até 45 m de altura. Madeira de densidade média, com cerne e alburno indistintos, cor amarelo oliva a marrom amarelado claro, textura média, cheiro imperceptível, resistência ao corte manual (REMADE, 2018).

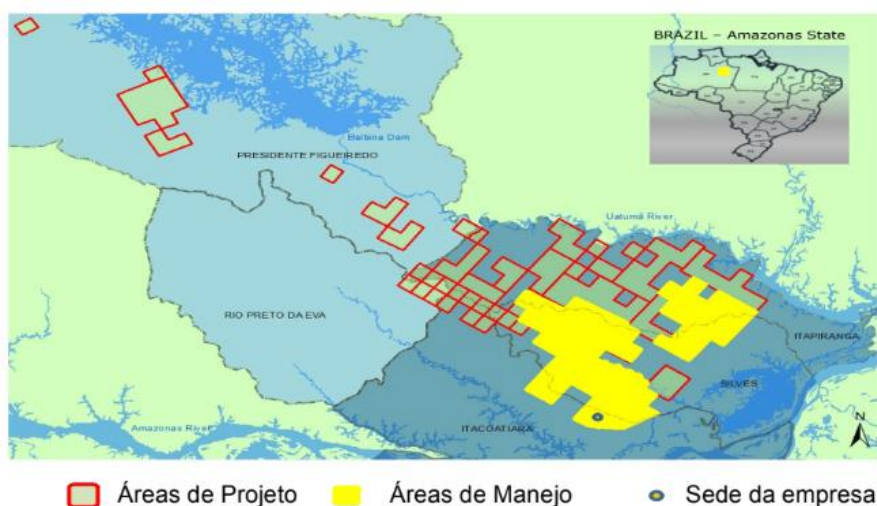
Tem sido pouco explorada pelos produtores, eventualmente é explorada para a produção de carvão, entretanto, devido ao seu crescimento rápido e à capacidade de fixação de nitrogênio, possui potencial para ser adotada na formação de sistemas agroflorestais (SALDANHA, 2009).

A madeira de taxi é considerada moderadamente difícil de serrar e difícil de aplainar (IPT, 2018). Seus principais usos são construção civil e naval, armações de móveis, chapas, caixas, engradados (REMADE, 2018).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Para a realização deste estudo o material utilizado foram amostras (cunhas de disco) de 10 espécies de madeiras que são exploradas em regime de Manejo Florestal Sustentável pela empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda., localizada no município de Itacoatiara/Amazonas à 250 quilômetros a leste de Manaus, Brasil (Figura 1). A empresa tem práticas florestais sustentáveis em 506.637 hectares em terras próprias no município de Itacoatiara. Em 1997, a empresa foi certificada de acordo com os padrões do Forest Stewardship Council (FSC). A empresa possui serrarias e instalações de fabricação próprias, e os resíduos de madeira da serraria são queimados em uma usina de geração de energia elétrica de biomassa (PRECIOUS WOOD, 2016).



**Figura 1.** Localização da empresa Mil Madeiras Preciosas e suas áreas manejadas e não manejadas.

**Fonte:** preciouswood.com

As amostras doadas pela empresa continham etiqueta de identificação contendo nomes científico e vulgar, foram transportadas até o Laboratório de Química da Madeira do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara onde ficaram armazenadas.

**Tabela 1.** Espécies estudadas com identificação prévia dado pela empresa Mil Madeiras Preciosas por nome vulgar e científico

<b>Espécie</b>	<b>Nome Vulgar</b>	<b>Nome Científico</b>
1	Jarana	<i>Holopyxidium jarana</i>
2	Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i>
3	Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>
4	Sucupira preta	<i>Diploptropis racemosa</i>
5	Preciosa	<i>Aniba canelilla</i>
6	Louro chumbo	<i>Licaria canella</i>
7	Jutaí pororoca	<i>Martiodendron elatum</i>
8	Louro preto	<i>Ocotea neesiana</i>
9	Loura itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i>
10	Taxi amarelo	<i>Sclerobium paniculatum</i>

As amostras em formato de cunha (Figura 2 A) continham casca e medula. Cada uma delas recebeu um corte longitudinal, (Figura 2 B) de modo a reduzir suas espessuras praticamente à metade, resultando em duas fatias. Para tanto, utilizou-se uma serra circular de bancada da oficina escola de marcenaria do Centro de Educação Tecnológica do Amazonas – CETAM de Itacoatiara. Uma fatia foi usada para os estudos anatômicos, via análise macroscópica, e a outra para os ensaios de cinza.



**Figura 2.** A. Aspecto das amostras utilizadas neste estudo; B. Corte das amostras em serra circular de bancada para produzir o material usado nos diferentes ensaios.

Após serem cortadas às amostras foram transportadas para o laboratório de Engenharia e Artefatos de Madeira – LEAM do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, em Manaus, onde tiveram suas dimensões reduzidas usando-se serra de fita (Figura 3A), transformadas em serragem em um moinho de facas (Figura 3B) no Laboratório de Celulose e Papel, também no INPA.





**Figura 3.** A. Redução das dimensões das amostras em serra de fita; B. Moagem das amostras para a produção de serragem com granulometria adequada para os ensaios de umidade e de cinza.

## 2.2 DESCRIÇÃO ANATÔMICA

Neste estudo a identificação anatômica foi feita com base apenas nas características macroscópicas das espécies, ou seja, nas características observáveis a olho nu ou com o auxílio de uma lupa de 10x. Para tanto se adotou a terminologia constante da literatura (IAWA, 1989; IBAMA, 1992), o ensaio foi realizado Laboratório de Anatomia e Identificação da Madeira do INPA.

Para essa descrição as amostras sofreram um processo de lixamento com uma sequência de lixas para madeira de grão 80, 100, 120 usando uma lixadeira de disco (Figura 4A). O lixamento foi refinado para melhor visualização dos elementos anatômicos em corte transversal usando-se uma sequência de lixas d'água de grão 360, 400, 600, 1200 (Figura 4B).



**Figura 4.** A. Lixamento das amostras para o estudo de identificação pela análise macroscópica; B. Refinamento do lixamento com lixa d'água para melhor visualização da estrutura anatômica.

### 2.3 TEOR DE UMIDADE

Para a determinação do teor de umidade usou-se o método da secagem em estufa de laboratório definido pela Norma ABNT NBR 7190 (1997) e foi realizado no laboratório de química da madeira do INPA. O método consiste em calcular o teor de umidade de amostras que tenham sido secas em estufa à temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até massa constante. O teor de umidade é dado pela relação entre a massa de água contida numa determinada amostra de madeira e a sua massa seca, expressa em porcentagem.

Inicialmente as amostras, contendo 1 g de serragem (Figura 5A), foram pesadas em balança analítica, marca SHIMADZU, modelo AY 220 máx. 220 d = 0,1 mg (Figura 5B) e colocadas para secar em estufa de laboratório. Os teores de umidade foram obtidos com uso da Equação 1.

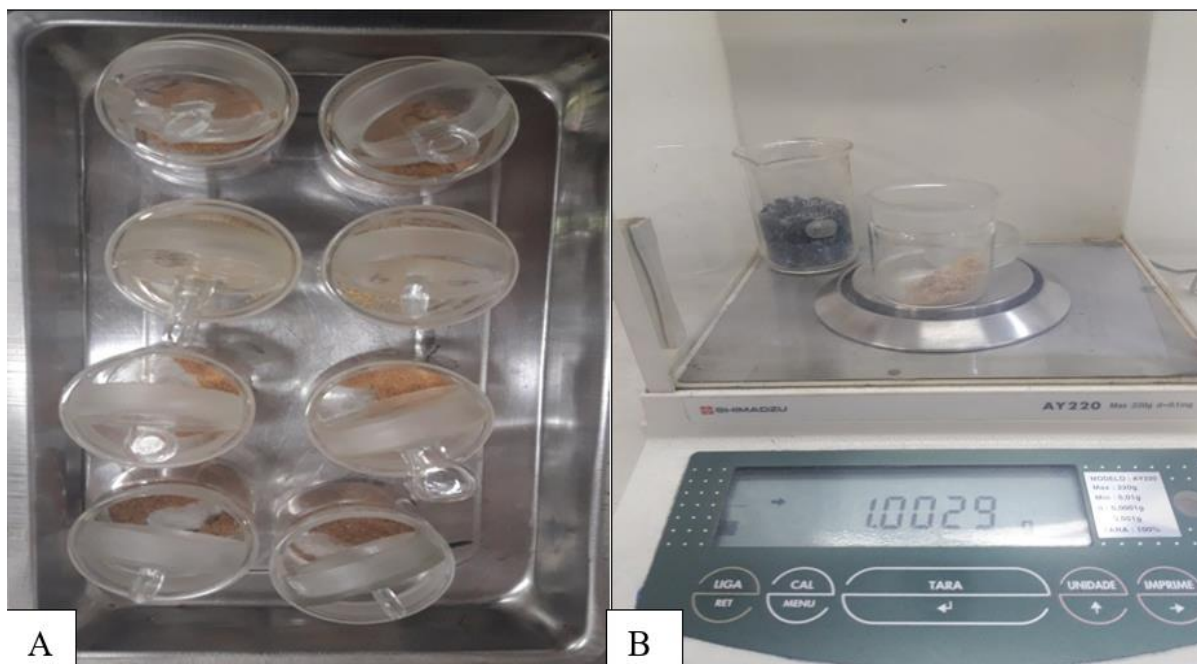
$$\text{TU} = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 (\%) \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

TU – Teor de umidade (%)

$m_u$  – Massa da amostra úmida (g)

$m_s$  – Massa da amostra seca em estufa (g)



**Figura 5.** **A.** Amostras de serragem para determinação do teor de umidade; **B.** Balança analítica utilizada para a pesagem das amostras.

## 2.4 TEOR DE CINZAS

O teor de cinzas foi determinado pela Norma ASTM D1102-84 (2007), e foi realizado no laboratório de química da madeira do INPA, usando cadinhos de porcelana (Figura 6A) para calcinação das amostras em forno mufla à temperatura de 580~600°C (Figura 6B). O teor de cinzas foi obtido pela relação entre o peso da cinza obtida na calcinação e a massa da amostra secada em estufa, expressa em porcentagem, e calculado pela Equação 2. A determinação do teor de cinzas foi feita em duplicata

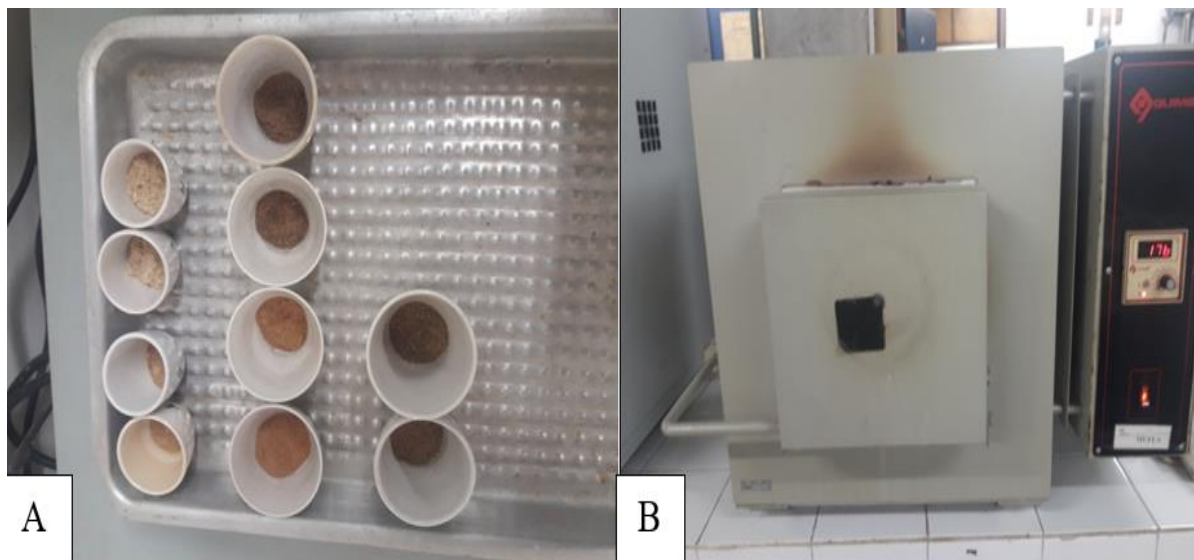
$$C = \frac{m_c}{m_s} \times 100 (\%) \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

C = Teor de cinzas (%)

$m_c$  = Massa de cinzas (g)

$m_s$  = Massa de madeira seca (g)



**Figura 6.** A. Amostras em cadinhos de porcelana; B. Forno mufla para calcinação da serragem a 600°C.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 DESCRIÇÕES ANATÔMICAS

Dentre as 10 espécies estudadas somente duas não tiveram suas identificações prévias confirmadas (Tabela 2) pela análise macroscópica realizada em laboratório, a saber: jarana (*Holopyxidium jarana*), identificada pela análise macroscópica como sendo a espécie jutaí-café (*Dialium guianense*) e taxi amarelo (*Sclerolobium paniculatum*) que pela análise macroscópica trata-se de taxi preto (*Tachigali myrmecophila*). Segundo Zenid e Ceccantini (2012), isso se deve ao fato de que identificação de madeiras por práticas populares ser realizada levando em conta somente as características organolépticas, que, por serem variáveis e também devido à semelhança destas características em diferentes madeiras, acaba por, em muitos casos, à identificação errônea da espécie.

A afirmação de Zenid e Ceccantini (2012) tem relevância nesse erro de identificação das referidas espécies, pois a identificação no campo, realizado pela Mil Madeiras Preciosas, é realizadas por parobotânicos que se utilizam das características organolépticas, que por vezes podem ser confundidas.

**Tabela 2.** Identificação das espécies fornecida pela empresa e identificação macroscópica.

Identificação da Mil Madeiras	Identificação INPA	Família
Jarana	Jutaí café <i>Dialium guianense</i>	Fabaceae
Piquiarana	Piquiarana <i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae,
Cupiúba	Cupiúba <i>Goupia glabra</i>	Celastraceae
Sucupira Preta	Sucupira preta <i>Diploptropis racemosa</i>	Fabacea
Preciosa	Preciosa <i>Aniba canelilla</i>	Lauraceae
Louro chumbo	Louro chumbo <i>Licaria canella</i>	Lauraceae
Jutaí	Jutaí pororoca <i>Martiodendron elatum</i>	Fabaceae
Louro Preto	Louro preto <i>Ocotea neesiana</i>	Lauracea
Louro Itaúba	Louro itaúba <i>Mezilaurus Itauba</i>	Lauracea
Taxi amarelo	Taxi preto <i>Tachigali myrmecophila</i>	Leguminosae

### 3.2 TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade variou de 5,2 a 11,1 % (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teores de umidade e de cinzas das espécies estudadas.

Espécies	Umidade (%)
Jutaí café ( <i>Dialium guianense</i> )	9,8
Piquiarana ( <i>Caryocar glabrum</i> )	7,9
Cupiúba ( <i>Goupia glabra</i> )	6,9
Sucupira preta ( <i>Diplotropis racemosa</i> )	8,6
Preciosa ( <i>Aniba canelilla</i> )	9,7
Louro chumbo ( <i>Licaria canella</i> )	10,9
Jutaí pororoca ( <i>Martiodendron elatum</i> )	8,4
Louro preto ( <i>Ocotea neesiana</i> )	8,5
Louro itaúba ( <i>Mezilaurus itauba</i> )	5,2
Taxi preto ( <i>Tachigali myrmecophila</i> )	11,1

### 3.3 TEORES DE CINZA

O teor de cinzas variou de 0,22 a 4,03 % (Tabela 4). Os resultados encontrados para preciosa (*Aniba canelilla*) e louro itaúba (*Mezilaurus itauba*) apresentaram os maiores valores médios para os teores de cinza de 4,03 e 3,43, respectivamente, os quais diferiram pouco entre si. O louro chumbo (*Licaria canella*) e o taxi preto (*Tachigali myrmecophila*) apresentaram os menores valores de 0,22 e 0,31, respectivamente. Basso (2017), encontrou valores entre 1,17 e 2,52% para os teores de cinzas analisando espécies do gênero *Eucalyptus*. Santos (2010) estudando as espécies de *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* encontrou valores médios entre 0,5 e 1,6%. Contudo, Souza (2007), estudando madeiras tropicais encontrou valores para cinza que variaram de 0,2% para *Duckeodendron cestroides* Kuhl e 1,8% para *Qualea Vochisiacea*.

**Tabela 4.** Teores de umidade e de cinzas das espécies estudadas.

Espécies	Cinza (%)
Jutaí café ( <i>Dialium guianense</i> )	0,65
Piquiarana ( <i>Caryocar glabrum</i> )	0,54
Cupiúba ( <i>Goupia glabra</i> )	0,45
Sucupira preta ( <i>Diplotropis racemosa</i> )	0,40
Preciosa ( <i>Aniba canelilla</i> )	4,03
Louro chumbo ( <i>Licaria canella</i> )	0,22
Jutaí pororoca ( <i>Martiodendron elatum</i> )	3,36
Louro preto ( <i>Ocotea neesiana</i> )	0,34
Louro itaúba ( <i>Mezilaurus itauba</i> )	3,43
Taxi preto ( <i>Tachigali myrmecophila</i> )	0,31

Santos; Varejão; Nascimento (2008), estudaram madeiras de zonas temperadas e tropicais e encontraram teores de cinza de até 0,5% para as de zonas temperadas e até 5% para madeiras tropicais. Portanto, os resultados de teores de cinzas obtidos nas espécies estudadas neste trabalho estão dentro dos valores aceitáveis para espécies tropicais.

Com relação ao teor de cinzas, Fontes (1994), afirma que é desejável que ele seja o menor possível, pois se trata de constituintes inorgânicos que, após a queima, comportam-se como material residual exigindo trabalho para sua retirada, além disso, por ser um material abrasivo, podem causar problemas de corrosão em equipamentos metálicos.

Neste estudo foram encontrados (Tabela 4) para as espécies preciosa (*Aniba canelilla*), louro itaúba (*Mezilaurus itauba*), jutaí pororoca (*Martiodendron elatum*) valores de cinza iguais a 4,03, 3,43, 3,36 respectivamente, superiores ao recomendado pela literatura que é de até 1,50%.

## CONCLUSÕES

As espécies jarana (*Holopyxidium jarana*) e taxi amarelo (*Sclerolobium paniculatum*) não tiveram suas identificações prévias confirmadas pela análise macroscópica realizada em laboratório. Tais espécies foram identificadas neste estudo como sendo jutaí café *Dialium guianense* e taxi preto *Tachigali myrmecophila*.

Os teores de cinzas encontrados em todas as espécies estão entre os valores aceitáveis para espécies tropicais, porém as espécies preciosa (*Aniba canelilla*), louro itaúba (*Mezilaurus itauba*) e jutaí pororoca (*Martiodendron elatum*) apresentaram teores acima de 1,50% não sendo, portanto, recomendado o seu uso para a produção de carvão vegetal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

AGUIAR, Onésimo da Costa. Identificação e catalogação de espécies florestais para uso de recomposição de áreas degradadas na zona de transição entre os biomas cerrado e floresta amazônica. In: **Congresso Nacional de Botânica**, 54. Goiânia, 2004.

ALMEIDA, Pedro Afonso de Oliveira. **Estruturas de grande porte de madeira composta**. São Paulo, 1990.

AMATA. GUIA DE MADEIRAS. Disponível em: [www.amatabrasil.com.br](http://www.amatabrasil.com.br). Acesso em: 14 nov. 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D1102 – 84 Standard Test Method for Ash in Wood ASTM**, Estados Unidos da América, 2007.

BARREIROS, Jarleson Lopes. **Efeito de pré-tratamentos em algumas propriedades tecnológicas da madeira de maçaranduba (*Manilkara huberi*)**. Itacoatiara: UEA, 2016. Monografia (Graduação Engenharia Florestal). Itacoatiara: Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, Universidade do Estado do Amazonas, 2016.

BASSO, Sabrine. **Análise do carvão vegetal para uso doméstico**. Ponta Grossa: UTFPR, 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

BELTRAME, Rafael et al. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) em três estratos fitossociológicos. **Ciência da Madeira**. Pelotas, v. 01, n. 02, p. 54-69, Nov de 2010.

BRANDÃO, Juliana Barbosa. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas de três espécies florestais**. Manaus: UFAM, 2010. Dissertação (Ciências Florestais e Ambientais). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010.

BRAND, Martha Andreia. Energia de Biomassa Florestal **Interciência**. Rio de Janeiro. 2010.

BRITO, José Otavio. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. **Scientia Forestalis**, 2007.

BROWNING, B. Lee. **The chemistry of wood**. New York: Interscience. 689 p, 1963.

CÁMARA, Pamela Bravo. **Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras – Tambopata**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal e Meio Ambiente). Perú: Facultad De Ingeniería, 2017.

COSTA, Ana Carolina Silva. **Qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos comercializado em cuiabá – MT**. Cuiabá: UFMT, 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2016.

COSTA, Tatiane Gomes *et al.* Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no Cerrado para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 37-46, jan./mar 2014.

DOMINGUES, Thiago Rossi. **Crescimento de *Dialium Guianense* (Aubl.) Sandwith sob efeito da fertilização de liberação controlada e fungo micorrízico arbuscular**. Alta Floresta: UNEMAT, 2016. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos). Alta Floresta: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2016.

FONTES, Paulo José Prudente. **Auto suficiência energética em serraria de *Pinus* e aproveitamento dos resíduos**. Curitiba: UFPR, 1994. Dissertação (Mestrado do curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura: ano.base 2016**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: [biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2016\\_v31.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2016_v31.pdf). Acesso em: 01 dez. 2018.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. IAWA. Lent of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 220-359, 1989.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo. IPT, 2013.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. São Paulo. IPT, 2003.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2018. **Informações sobre madeiras**. Disponível em: [ipt.br/informacoes\\_madeiras/6.htm](http://ipt.br/informacoes_madeiras/6.htm). Acesso em: 15 mai. 2018.

ITRSA. **Informativo técnico rede de sementes da Amazônia**. 2005. Disponível em: <http://www.rsa.ufam.edu.br>. Acesso em: 01 dez. 2018.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. Fundamentos de secagem de madeira, **DOCUMENTOS FLORESTAIS**, São Paulo, n. 10, 1-13, 1990.

KLOCK, Umberto; ANDRADE, Alan Sulato de. **Química da madeira**. 3ª. Edição revisada. Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Agrárias Departamento de engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba, 2005.

KOLLMANN, Franz; CÔTÉ, Wilfred. **Principles of Wood Science and Technology**. Berlin, 1968.

LIMA, H.C.; FALCÃO, M.J. **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22940](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22940). Acesso em: 14 nov. 2018.

LIRA, Jackeline Nascimento. **Qualidade do lenho de duas espécies Amazônicas com base na densidade básica, anatomia e por método não destrutivo de ondas de tensão em área de manejo florestal**. Manaus: UFAM, 2016. Dissertação (Ciências Florestais e Ambientais). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2016.

LOGSDON, Norman Barros; FINGER, Zenesio; MENDOZA, Zaíra Morais dos Santos Hurtado. **Caracterização físico-mecânica da madeira de tamarindo, *Martiodendron elatum* (Ducke)**. Campo Grande, MS, n. 44, p. 97-119, jul./dez. 2013.

LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008.

LUPE, Fernanda Ávila. **Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia**. Campinas: Unicamp, 2007. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.

MARTINS, Varlone Alves. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF, 1988.

MEDEIROS, Patrícia Neves de Medeiros. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas Espécies da Caatinga. **Floresta e Ambiente**, 2014.

MENDOZA, Zaíra Morais dos Santos Hurtado. **Tecnologia química de produtos florestais**. Editora UFMT, 182p. 2016.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da madeira**. 4. ed. Paraná: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2012.

MOURA, Luciana Coelho De. **Micropropagação de sucupira preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.)**. Diamantina: UFVJM, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2012.

OLIVEIRA, Hellen Alexandre de; VAREJÃO, Maria de Jesus Coutinho; CRUZ, Irineide de Almeida. **Determinação de constituintes químicos e extrativos das madeiras de espécies florestais Amazônicas**. In: Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPQ - PAIC/FAPEAM, 2, Manaus, 2013.

PETTERSEN, Ronald.C. In: Rowell, Roger M. 1984. **The chemistry of solid wood**. Advances in Chemistry Series vol. 207, 57p.

PINTO, Antonio; VARELA, Vania P; BATALHA, Lúcio. Influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de Louro pirarucu (*Licaria Canella*). **Acta Amazonica** 23(4): 397-402. 1993.

PORTAL da madeira: **Propriedades químicas da madeira**. Disponível em: <http://portaldamadeira.blogspot.com/2009/10/propriedades-quimicas-da-madeira.html>. Acesso em: 29 mai.2018.

PRECIOUS WOOD. Disponível em: [preciouswood.com/site/index.cfm?id\\_art=92651&actMenuItemID=42569&vsprache=EN](http://preciouswood.com/site/index.cfm?id_art=92651&actMenuItemID=42569&vsprache=EN). Acesso em: 23 fev. 2016

REMADE. Revista da Madeira. 2018. **Madeiras brasileiras e exóticas**. Disponível em: <http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/159/madeiras-brasileirasexoticas/cupiuba>. Acesso em: 26 mai. 2018.

RODRIGUES, Carla Krulikowski; HILLIG, Éverton; MACHADO, Gilmara de Oliveira. **Análise química da madeira de *Pinus oocarpa***. Congresso da Semana de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão. Guarapuava, 2010.

SALDANHA, Erick Baltazar. **Dinâmica da população de *Tachigali myrmecophila* (ducke) dücke em consequência da exploração de impacto reduzido região de Paragominas, PA**. Pará: UFRA, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

SANTANA, M. A. E; OKINO, E. Y. A. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. **Holzforschung**. Berlin, v.61, n.5, p.469-477, 2007.

SANTOS, Maria Goreti. Potencial de briquetagem de resíduos florestais da região do Seriadó, no Rio Grande do Norte. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 2011.

SANTOS, Paula Oliveira; VAREJÃO, Maria de Jesus Coutinho; NASCIMENTO Claudete Catanhede do. Detecção do teor de cinzas e sílicas em materiais lignocelulósicos. **Congresso da Jornada de Iniciação Científica Pibic Cnpq/Fapeam/Inpa**. Manaus. 2008.

SANTOS, Rosimeire Cavalcante dos. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalipto**. Lavras: UFLA, 2010. Tese (Doutorado Ciência e Tecnologia da Madeira). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.

SANTOS, Sueli de Fátima de Oliveira Miranda. **Modelo ambiental e econômico de produção de carvão vegetal**. Ponta Grossa: UFPR, 2017 Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SÃO PAULO (Estado). (2003), Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. Resolução n°10 SAA, de 11 de julho de 2003.

SILVA, Ademir Castro e. **Madeiras da Amazônia: características gerais, nome vulgar e usos**. Manaus: SEBRAE, 2002.

SILVA, Andressa Caroline Rodrigues da. **Aproveitamento de resíduos madeireiro para a produção de energia elétrica: caracterização química**. Manaus: UFAM, 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013.

SINDIMASP. Sindicato do Comercio Atacadista de Madeira do Estado de São Paulo. **Sobre madeira**. Informações Técnicas. Piquiarana, **Caryocar glabrum** (Aubl.) Pers. Caryocaraceae. Disponível em: <http://www.sindimasp.org.br/conteudo/madeira/informacoes>. Acesso em: 14 nov. 2018.

SOUZA, João Ubaldo Borges Rodrigues. **Técnicas multivariadas na análise química de espécies florestais amazônicas**. CUIABÁ: UFMT, 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2017.

SOUZA, Suellyn Siqueira de; VAREJÃO, Maria de Jesus Coutinho; NASCIMENTO, Claudete Catanhede do. Avaliação do teor de cinzas e sílica em espécies madeireiras. **XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA**. Manaus, 2007.

TILLMAN, David. **Wood as an Energy Resource**. Nova Iorque, 1978.

UNAMÃ, Cezar Leandro Abozaglo; ALENCAR, Jurandyr da Cruz. Comportamento fenológico da Sucupira-Preta (*Diploptropis* spp) na reserva florestal Ducke. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 23, n.1, p. 199-211, 1993.

VITAL, Benedito Rocha. Qualidade da madeira para fins energéticos. **Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais**. Suprema, 2013, p. 429-458, Visconde do Rio Branco, 2013.

ZANIN, Maria *et al.* Sistematização do uso de resíduos de serrarias e potencialidade de aplicação. **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu, 2002.

ZENID, Geraldo José; CECCANTINI, Gregório. **Identificação macroscópica de madeiras**. São Paulo 2012.

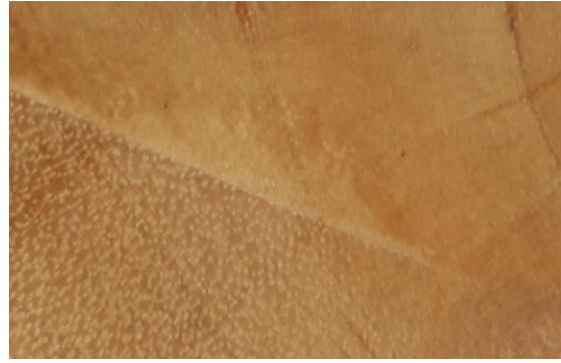
WIECHETECK, Marcelo. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**. Curitiba, 2009.

## ANEXOS

### Anexo A – Fotografia macroscópica das espécies estudadas



Jutaí café (*Dialium guianense*)



Piquiarana (*Caryocar glabrum*)



Cupiúba (*Goupia glabra*)



Sucupira preta (*Diploptropis racemosa*)



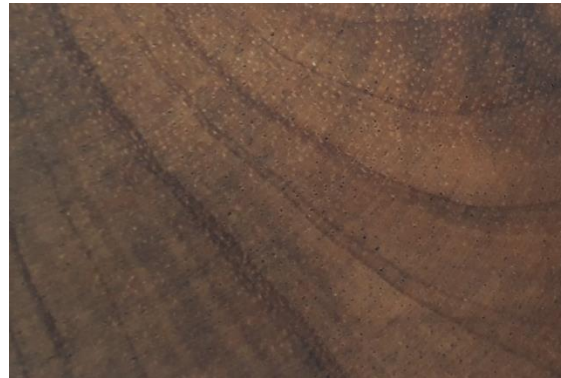
Preciosa (*Aniba canelilla*)



Louro chumbo (*Licaria canella*)



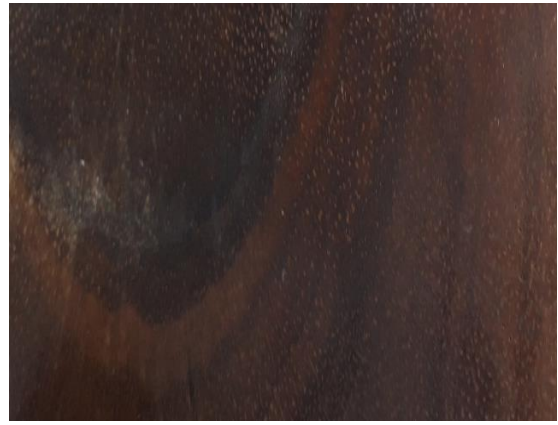
Jutai pororoca (*Martiodendron elatum*)



Louro preto (*ocotea neesiana*)



Louro itaúba (*Menzialaurus Itauba*)



Taxi preto (*Tachigali myrmecophila*)