



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉ-AQUIRI

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto  
Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório de Final**  
**(2021-2022)**

**ANATOMIA E IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRA E CARVÃO  
VEGETAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA NACIONAL  
DO TAPIRAPÉ-AQUIRI, PARÁ, BRASIL**

**Lohana Vieira Souza**

**Orientador: André Luís Macedo Vieira**  
**Co-orientador: Luiz Eduardo de Lima Melo**  
**Universidade do Estado do Pará**

**Marabá**  
**Agosto/2022**

## RESUMO

A extração ilegal de madeira em áreas protegidas, para atender os diferentes setores da indústria de processamento de madeira, incluindo a produção de carvão vegetal, é um é uma problemática recorrente na Amazônia brasileira. Como estratégia de combate, a anatomia da madeira e de carvão vegetal tem sido adotada há anos como uma ferramenta de identificação forense e ainda hoje é o primeiro suporte científico eficiente para processos e prevenção de crimes de extração ilegal de madeira e carvão vegetal. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi analisar o potencial do uso da técnica de caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal como ferramentas para identificação das espécies arbóreas que ocorrem na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Pará, Brasil. Foram realizadas coletas das amostras de madeira na área de supressão florestal, inventariada pelo projeto Salobo Metais, restringindo-se a espécies arbóreas com DAP  $\geq 10$  cm para a realização das análises de anatomia da madeira (macroscópica e microscópica) e também a anatomia do carvão vegetal. Os estudos sobre a estrutura anatômica da madeira da Amazônia são fundamentais para fomentar informações científicas, além de contribuir com a diminuição da pressão de exploração de espécies mais utilizadas tradicionalmente. Um dos pontos fundamentais para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva de madeira é a fiscalização dos agentes governamentais, para isso o Documento de Origem Fiscal (DOF) é o principal objeto de fiscalização utilizado. Desse modo, o parênquima axial é considerado uma das características mais importantes para a identificação de espécies pela anatomia do lenho. Com relação aos resultados de anatomia da madeira (macroscópica e microscópica) a maioria das espécies estudadas apresentaram parênquima em faixas ou aliforme. Já os resultados de anatomia do carvão vegetal mostram que o parênquima axial e a frequência dos vasos são facilmente observados tanto em macrografias quanto em imagens de MEV, por isso são importantes recursos diagnósticos para a triagem inicial das famílias e para verificação da carga de acordo com o documento de origem florestal (DOF) pelos agentes fiscalizadores. Características incomuns e altamente diagnósticas para distinguir gêneros ou até mesmo espécies, como raios exclusivamente unisseriados, células da bainha, células de tilos e estrutura estratificada, foram observadas apenas em imagens de MEV. Com os resultados de anatomia macroscópica, foi confeccionada uma chave de identificação anatômica para a madeira, na qual visa ser eficiente na distinção das espécies por agentes governamentais e demais interessados. Portanto, a anatomia da madeira e do carvão vegetal é uma ferramenta importante que pode ser útil na identificação forense da madeira e do carvão e que também pode auxiliar na conservação dessas áreas.

**Palavras-chave:** conservação da biodiversidade; identificação; madeira, carvão, unidades de conservação.

## ABSTRACT

The illegal extraction of timber in protected areas to supply different sectors of the wood processing industry, including charcoal production, is a recurrent problem in the Brazilian Amazon. As a combat strategy, wood and charcoal anatomy has been adopted for years as a forensic identification tool and is still today the first efficient scientific support for prosecution and prevention of illegal wood and charcoal extraction crimes. In this sense, the objective of the work was to analyze the potential of using the technique of anatomical characterization of wood and charcoal as tools for identification of tree species that occur in the Tapirapé-Aquiri National Forest, Pará, Brazil. Wood samples were collected in the forest suppression area, inventoried by the Salobo Metais project, restricted to tree species with DBH  $\geq 10$  cm for the wood anatomy analyses (macroscopic and microscopic) and also the charcoal anatomy. The studies on the anatomical structure of the Amazonian wood are fundamental to promote scientific information, besides contributing to reduce the exploitation pressure of traditionally used species. One of the fundamental points to ensure the sustainability of the timber production chain is the inspection by government agents, for which the Document of Fiscal Origin (DOF) is the main object of inspection used. Thus, the axial parenchyma is considered one of the most important characteristics for the identification of species by the anatomy of the wood. Regarding the wood anatomy results (macroscopic and microscopic), most of the species studied presented banded or aliform parenchyma. The charcoal anatomy results show that the axial parenchyma and the frequency of vessels are easily observed both in macrographs and in SEM images, so they are important diagnostic resources for the initial sorting of families and for the verification of the load according to the forest origin document (DOF) by the inspection agents. Unusual and highly diagnostic features to distinguish genera or even species, such as exclusively uniseriate rays, sheath cells, villous cells, and stratified structure, were observed only on SEM images. With the results of the macroscopic anatomy, an anatomical identification key for the wood was made, which aims to be efficient in distinguishing species by government agents and other interested parties. Therefore, the anatomy of wood and charcoal is an important tool that can be useful in the forensic identification of wood and charcoal and can also assist in the conservation of these areas.

**Key words:** biodiversity conservation; identification; wood, charcoal, conservation units.

Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas,  
Símbolos

Figura 1 - Localização da FLONA do Tapirapé-Aquiri .....	8
Tabela 1 - Lista de espécies de árvores estudadas .....	9
Figura 2 - Fotomicrografia da madeira das espécies estudadas .....	17
Figura 3 - Fotomicrografia do carvão vegetal das espécies estudadas .....	18
Figura 4 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Ampelocera edentula</i> .....	19
Figura 5 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Castilla ulei</i> .....	19
Figura 6 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Cenostigma tocaninum</i> .....	20
Figura 7 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Ficus paraensis</i> .....	20
Figura 8 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Guarea guidonia</i> .....	21
Figura 9 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Inga alba</i> .....	21
Figura 10 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Inga marginata</i> .....	22
Figura 11 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Parkia multijuga</i> .....	22
Figura 12 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Senegalia polyphylla</i> .....	23
Figura 13 - Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie <i>Zanthoxylum ekimani</i> .....	23
Tabela 2 - Principais características anatômicas .....	25

## Sumário

1. Introdução.....	6
2. Objetivos.....	7
2.1 Geral.....	7
2.2 Específicos .....	7
3. Material e Métodos .....	8
3.1 Área do estudo .....	8
3.2 Coleta sistematizada de amostras de madeira das espécies arbóreas .....	8
3.4 Análise dos dados .....	11
4. Resultados.....	12
5. Discussão e Conclusões.....	27
5.1 Anatomia da madeira.....	27
5.2 Anatomia do carvão vegetal .....	28
6. Recomendações para o manejo.....	32
7. Agradecimentos .....	32
8. Cronograma de Conclusão do Plano de Trabalho .....	33
9. Citações e referências bibliográficas .....	34

## 1. Introdução

A bacia amazônica é conhecida por ser detentora da maior extensão de floresta tropical do mundo e também por abrigar uma hiperdiversidade de plantas que frequentemente chamam a atenção da pesquisa científica. Recentemente um conjunto de dados taxonômicos divulgado por Cardoso et al. (2017) registrou para bacia amazônica a existência de 14.003 espécies de plantas espermatófitas, distribuídas em 1.788 gêneros e 188 famílias botânicas, desse total 48% são de árvores que atingem DAP  $\geq 10$  cm.

No entanto a vasta biodiversidade da floresta amazônica vem acompanhada de intensas taxas de degradação ambiental, aumento do consumo de recursos naturais, crises humanitárias e dificuldades de implementação de atividades ambientais, sociais e econômicas mais sustentáveis, mostrando que os desafios da conservação ambiental são sistêmicos (BARLOW et al., 2016; ICMBIO, 2017). Entre os desafios destaca-se, sem dúvida, o desmatamento da floresta amazônica que ainda oscila entre valores considerados elevados. Entre 2015 e 2016 foi registrado 7.989 Km<sup>2</sup> de área desmatada, já no biênio 2016-2017 houve redução de 12%, sendo registrados 6.947 Km<sup>2</sup> de área desmatada, com destaque para estado do Pará que pela terceira vez consecutiva contribuiu com a maior extensão territorial desta área, 2.433 Km<sup>2</sup>, que corresponde à 34% do total registrado para o toda a Amazônia (INPE, 2017).

Nesse contexto surgem as unidades de conservação, que na Amazônia correspondem a 27,3% do bioma (ICMBIO, 2017), que tem possibilitado o diálogo entre setores da sociedade e distintas áreas do conhecimento, priorizando a resolução e/ou mitigação dos problemas gerados pela perturbação antropogênica na floresta. No estado do Pará existem 83 Unidades de Conservação (UC), das 728 existentes em todo o Brasil, estas UCs ocupam 72.288.206 hectares que corresponde a 58% do território paraense (SEMAS, 2018). Entre as UCs do estado, encontra-se a Unidade de Conservação de Uso Sustentável, a Floresta Nacional (Flona) do Tapirapé-Aquiri, que apresenta área oficial de 190.000 hectares, localizada na região Sudeste do estado, abrangida majoritariamente pelos municípios de Marabá, com 168.351,03 ha (85,74%) e São Félix do Xingu, com 28.000,39 ha (14,26 %) (IBAMA, 2006). Paradoxalmente estes municípios também têm sido aqueles que mais sofrem desmatamento no Pará. Até 2016, São Félix do Xingu tinha a maior taxa de desmatamento acumulado do Estado e juntamente com Marabá, Paragominas, Altamira e Novo Repartimento são responsáveis por cerca de 20% de todo o desmatamento das florestas ao longo da história do Pará (INPE, 2016).

A extração ilegal de madeira em áreas protegidas, para atender os diferentes setores da indústria de processamento de madeira, incluindo a produção de carvão vegetal, é um problema mundial bem conhecido (Nellemann et al. 2014). Na Amazônia brasileira, esse problema só

umenta e representa uma forte ameaça à conservação da biodiversidade (Araújo et al. 2017; Paiva et al. 2019).

Como estratégia de combate, a anatomia da madeira e de carvão vegetal (macroscopia e microscopia) tem sido adotada há anos como uma ferramenta de identificação forense e ainda hoje é o primeiro suporte científico robusto para processos e prevenção de crimes de extração ilegal de madeira e carvão vegetal (Dormontt et al. 2015; Comissão Prevenção ao Crime e Justiça Criminal 2015; do Nascimento et al. 2017).

No Brasil, as atividades de fiscalização governamental são realizadas com base nas normas do Documento de Origem Florestal (DOF) e na Lei Federal nº. 12.651, conhecido como 'Novo Código Florestal' (Ganem 2013). Uma das responsabilidades dos agentes governamentais é verificar a conformidade entre a carga e o DOF da madeira e carvão (Brasil 2006). Em áreas como a Amazônia é difícil controlar e fiscalizar o comércio de madeira, devido à extensão territorial, à deficiência de profissionais com o nível de proficiência necessário para fins de identificação forense de madeira e às limitadas informações técnicas disponíveis sobre as características anatômicas de espécies de madeira que ocorrem na Amazônia, principalmente de espécies pouco conhecidas no mercado.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Geral**

Analisar o potencial do uso da técnica de caracterização anatômica da madeira e do carvão vegetal como ferramentas para identificação das espécies arbóreas que ocorrem na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Pará, Brasil.

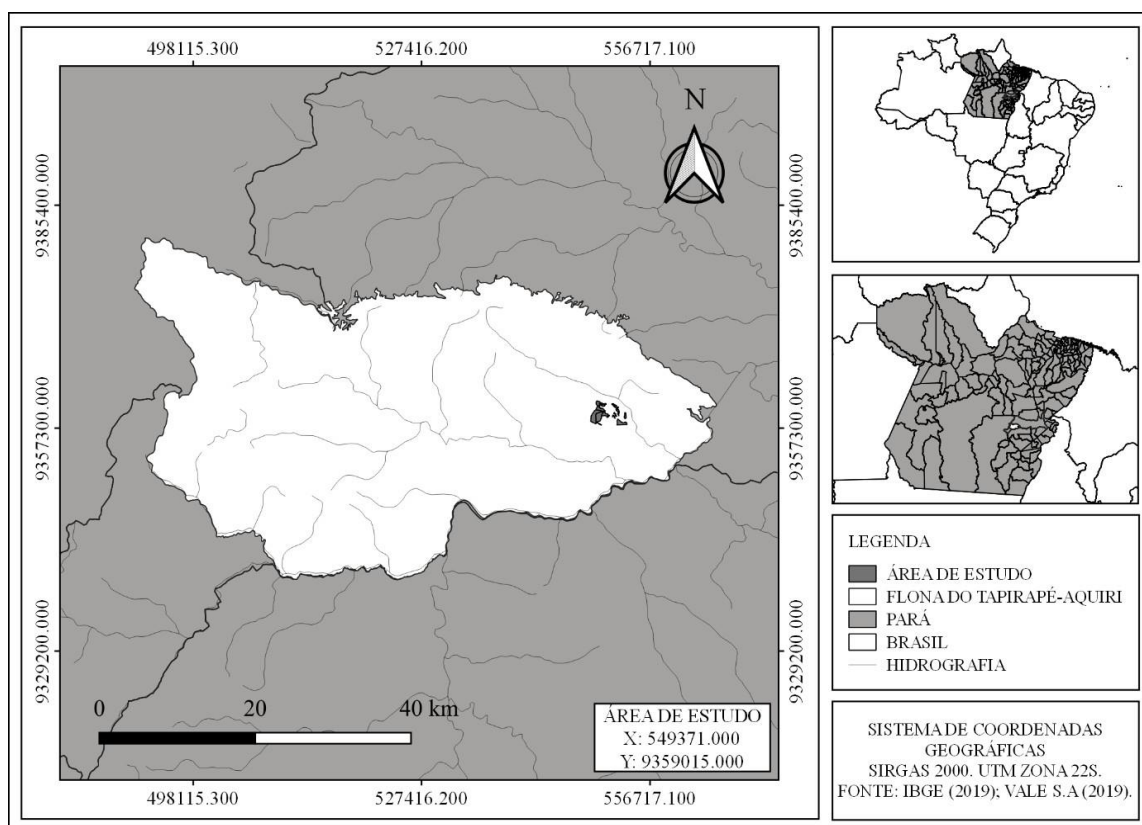
### **2.2 Específicos**

- a) Descrever a anatomia da madeira e do carvão vegetal das espécies coletadas;
- b) Produzir banco de dados que tenha aplicação prática para a identificação das espécies arbóreas que originaram a madeira e carvão vegetal;
- c) Fornecer banco de imagens das características anatômicas diagnosticas que possibilite a identificação das espécies durante o romaneio pós supressão florestal.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1 Área do estudo

O estudo foi realizado na área que compreende a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, possui 190.000 hectares e está localizada na região Norte do Brasil, no Estado do Pará, dentro das coordenadas geográficas 5°35'52" e 5°57'13" de latitude sul e 50°01'57" e 51°04' 20" de longitude oeste. É abrangida majoritariamente pelo município de Marabá, com 168.351,03 ha (85,74%) e São Félix do Xingu, com 28.000,39 ha (14,26 %), estando situada nos Sistemas Hidrográficos Araguaia-Tocantins e Xingu na margem esquerda do rio Itacaiúnas (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da FLONA Tapirapé-Aquiri

Mattos e Andrade (2020)

A Flona representa 0,1% do bioma amazônico, porém apresenta importância ecológica por abranger vários tipos ambientais. Entre eles, destaca-se a associação de Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras; Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Aluvial, que cobrem mais de 50% da Flona. Além disso, a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri faz parte da Província Mineral de Carajás, estando inserida na Plataforma Amazônica, caracterizada pela predominância de rochas Pré-cambrianas (IBAMA, 2006).

#### 3.2 Coleta sistematizada de amostras de madeira das espécies arbóreas

A madeira utilizada no estudo é proveniente da área inventariada pelo Projeto SALOBO realizado pela Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, que norteada pelas normativas vigentes no



Brasil dispõe sobre obtenção de Autorização de Supressão de Vegetação (ASV) no interior de Florestas Nacionais (FLONAs) para pesquisa e implantação de lavra mineral em domínios da Amazônia Legal, como no caso da Flona do Tapirapé-Aquiri, área em que será realizada esta pesquisa.

A partir da lista de espécies já inventariadas, no relatório 01, nº 04SLM011, de maio de 2014, foi selecionados 10 indivíduos (DAP  $\geq$  10 cm) (Tabela 1) para coleta de amostras do lenho e de ramos com folhas adultas e flores e/ou frutos porque estes órgãos são essenciais à classificação dos vegetais. Assim antes do início dos períodos das supressões pela empresa na área, foi definido um cronograma de visitas para: (i) localização e identificação das espécies definidas no inventário da empresa; (ii) seleção dos indivíduos que serão utilizados na pesquisa (no mínimo três) respeitando a lista de árvores que foram selecionadas pela empresa para supressão e selecionando indivíduos em período de floração e frutificação.

**Tabela 1.** Lista de espécies de árvores estudadas

A distribuição geográfica está de acordo com a Flora do Brasil 2020 ([floradobrasil.jbrj.gov.br](http://floradobrasil.jbrj.gov.br), acesso 07 de julho de 2021).

Espécies	Famílias	Distribuição geográfica (estados)
<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke		Norte (Pará, Tocantins)
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd		Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); nordeste (Ceará, Maranhão); centro-oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso); centro-leste (Minas Gerais)
<i>Inga marginata</i> Willd	Fabaceae	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Tocantins); nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí); centro-leste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso); sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo); Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina)
<i>Parkia multijuga</i> Benth		Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia); north-east (Maranhão); centro-leste (Mato Grosso)

---

<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose		Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte); centro-leste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso); sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo); sul (Paraná)
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae A.Juss.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe); centro-leste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso); sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo); sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina)
<i>Castilla ulei</i> Warb.	Moraceae	Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia); centro-oeste (Mato Grosso)
<i>Ficus paraensis</i> (Miq.) Miq.		Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima); centro-oeste (Mato Grosso)
<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain	Rutaceae A.Juss.	Norte (Acre, Amapá, Pará, Rondônia); centro-leste (Mato Grosso do Sul, Mato Grosso)
<i>Ampelocera edentula</i> Kuhlman	Ulmaceae Mirb.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima)

---

Das árvores selecionadas, depois de derrubada, foram coletadas amostras de partes vegetativas (folhas) e reprodutivas (flor, fruto e semente) para confirmação taxonômica das espécies presentes no inventário florestal da área, e confecção de exsicatas que foram depositadas no Herbário MFS - Prof.<sup>a</sup> Dra. Marlene Freitas da Silva, da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Foram coletadas também amostras do lenho, para isso discos a 1,30 m do solo foram obtidos das árvores derrubadas e deste foi retirado uma prancha diametral que será dividida na porção central (medula), a partir de um dos lados serão tomadas quatro posições equidistantes (0,

33, 66 e 100%), no sentido medula-casca para produção dos corpos de prova para o estudo anatômico (madeira e carvão vegetal) enquanto o outro lado foi destinado para coleção de madeiras, depósito e registro em xiloteca.

As amostras coletadas do lenho serão armazenadas em álcool 70% e glicerina e registradas nas xilotecas do Instituto Agrônomo do Norte (IAN) - EMBRAPA Amazônia Oriental (PA), Walter A. Egler do Museu Paraense Emílio Goeldi e também serão depositadas no Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira da UEPA Campus/VIII/Marabá para iniciar a primeira salvaguarda sistematizada da biodiversidade arbórea do Sul e Sudeste do Pará.

Os corpos de prova obtidos para estudo anatômico da madeira e do carvão serão subdivididos em duas amostras, contíguos uns aos outros, uma destinada à caracterização anatômica macroscópica e microscópica do lenho e outro foi carbonizado para produção do carvão também posterior caracterização anatômica.

Para a análise da anatomia da madeira, as subamostras serão amolecidas em água fervente. As seções de 16–30 µm de espessura, em cortes transversais e longitudinais (tangencial e radial) serão feitas com um micrótomo deslizante Leica SM 2010R (Leica Biosystems, Wetzlar, Alemanha). Uma parte dos cortes serão mantida sem corantes e outra será corado com Astra Blue e Safranina, desidratado com uma série de etanol (Johansen 1940; Sass 1958) e montado com resina sintética Entellan® (Merck, Darmstadt, Alemanha). As imagens serão obtidas e analisadas com um microscópio de luz ZEISS Primo Star HAL/LED (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha) acoplado a uma câmera digital Opton.

Para a análise do carvão vegetal, as subamostras de madeira foram embaladas em papel alumínio, submetidas a um processo de carbonização em mufla por ~ 5 h, taxa de aquecimento de 1,66 °C min<sup>-1</sup> e atingindo temperatura final de 450 °C que foi mantida por mais duas horas. (Muñiz et al. 2012a). As amostras de carvão resultantes foram fraturadas manualmente e analisadas com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura ZEISS SIGMA VP - SEM (Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha) sem pulverização catódica das amostras com ouro ou platina.

Amostras do carvão vegetal produzido de cada espécie serão depositadas na coleção de carvão vegetal do ‘Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira’ da Universidade do Estado do Pará (LCTM/UEPA) em Marabá, Estado do Pará, Brasil.

As descrições anatômicas de madeira e carvão seguirá as recomendações do Comitê da IAWA (1989).

### **3.4 Análise dos dados**

Visando elaboração da ficha de caracterização anatômica microscópica da madeira e do carvão vegetal das espécies avaliadas, foi aplicada estatísticas descritivas nos dados obtidos com a

contagem e mensuração dos elementos anatômicos, fornecendo principalmente valor máximo, mínimo, média e desvio padrão para cada parâmetro anatômico e de cada espécie.

#### 4. Resultados

As características anatômicas macroscópica e microscópicas de madeira e carvão vegetal das 10 espécies são descritas abaixo. Segue abaixo as descrições e imagens que sintetizam as principais características anatômicas úteis para segregar as espécies.

*Cenostigma tocantinum* Ducke, Fabaceae ( Fig. 2a, 3e, 6 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta; marcada por parênquima marginal. **Vasos:** porosidade difusa; solitário (51%), e em múltiplos de dois (24%), múltiplos de 3 ou mais (24%); diâmetro tangencial 112,33 (74,9-160,91)  $\mu\text{m}$ ; 14 (5–27) vasos por milímetro quadrado; tiloses comum presente; goma e outros depósitos presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas; pontuações raio-vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma no raio da célula. **Parênquima axial:** paratraqueal e / ou em faixas; aliforme losangular, freqüentemente formando confluências curtas (até dois vasos) e longos tendendo a formar faixas; faixas com mais de três células de largura, faixas marginais ou aparentemente marginais; 2 células por fila de parênquima. **Raios:** exclusivamente unisseriados; 15 (9-22) raios por milímetro linear; todas as células dos raios procumbentes. **Fibras:** paredes muito espessas. **Estrutura estratificada:** raios, elementos de vasos e parênquima axial estratificado. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em células do parênquima axial em câmaras.

*Inga alba* (Sw.) Willd, Fabaceae (Fig. 2f, 3a, 9 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta; demarcada por linhas de parênquima marginal ou simulando linhas marginais. **Vasos:** porosidade difusa; solitário (56%) e em múltiplos de dois (37%), múltiplos de três ou mais (7%); diâmetro tangencial 130,19 (96,01-173,91)  $\mu\text{m}$ ; 9 (6–12) vasos por milímetro quadrado; gomas ou outros depósitos presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas, pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma no raio da célula. **Parênquima axial:** paratraqueal e / ou em faixas; aliforme losangular, freqüentemente formando confluências oblíquas curtas (até três vasos) e longos tendendo a formar faixas; ocasionalmente vasicêntrico; faixas marginais (ou aparentemente marginais); 3-4 células por filamento de parênquima. **Raios:** multiseriados (1 a 3 células de largura); 4 (2-7) raios por milímetro linear; todas as células dos raios procumbentes. **Fibras:** paredes finas a grossas; fibras septadas presentes. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em câmaras nas células procumbentes dos raios e nas fibras.

*Inga marginata* Willd, Fabaceae (Fig 2g, 3b, 10 a-f)

**Camada de crescimento:** limites indistintos ou ausentes. **Vasos:** porosidade difusa; padrão diagonal e / ou radial; solitário (60%), e em múltiplos de dois (17%) múltiplos de três ou mais (23%); diâmetro tangencial 132,26 (71,27-251,63)  $\mu\text{m}$ ; 5 (2–8) vasos por milímetro quadrado; gomas ou outros depósitos presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma no raio da célula em toda a célula dos raios. **Parênquima axial:** paratraqueal; aliforme losangular, frequentemente formando confluências oblíquas curtas (até três vasos) e vasicêntrico; 3-4 células por filamento de parênquima. **Raios:** multiseriados (1 a 3 células de largura); 6 (3-12) raios por milímetro linear; todas as células dos raios procumbentes. **Fibras:** paredes finas a grossas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em câmaras nas células do parênquima axial e nas fibras.

*Parkia multijuga* Benth, Fabaceae (Fig 2h, 3c, 11 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta, levemente marcada por fibras de paredes espessas achatadas radialmente e parênquima marginal. **Vasos:** porosidade difusa; solitário (69%), e em múltiplos radiais de dois (16%) múltiplo de três ou mais (15%); diâmetro tangencial 180 (108-302)  $\mu\text{m}$ ; 2 (0-5) vasos por milímetro quadrado; tilos e / ou outros depósitos ausentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas, poligonais; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma em toda a célula dos raios. **Parênquima axial:** paratraqueal; e/ou em faixas; paratraqueal aliforme losangular, confluyente em trechos curtos (até dois vasos); ocasionalmente vasicêntrico; marginal ou simulando faixas marginais; strand de parênquima (três a quatro células). **Raios:** multiseriados (1 a 3 células de largura); 9 (5-11) raios por milímetro linear; todas as células dos raios procumbentes. **Fibras:** paredes finas a grossas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em câmaras nas células de fibra.

*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose, Fabaceae (Fig. 2j, 3d, 12 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta, marcada por fibras de paredes espessas achatadas radialmente e parênquima marginal. **Vasos:** porosidade difusa; solitário (43%), e em múltiplos radiais de dois (37%), múltiplos de três ou mais (32%); diâmetro tangencial 160,28 (83-260)  $\mu\text{m}$ ; 3 (0-9) vasos por milímetro quadrado; tilos e / ou outros depósitos ausentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma em toda a célula dos raios. **Parênquima axial:** paratraqueal e/ou em faixas; paratraqueal aliforme linear, ou losangular,

confluente em trechos longos tendendo a formar faixas; em faixas largas com mais de três células de largura ou marginal ou simulando faixas marginais; filamento de parênquima (três a quatro células). **Raios:** multiseriados (4 a 10 células de largura); 5 (3-7) raios por milímetro linear; homocelular, todas as células dos raios procumbentes. **Fibras:** paredes muito espessas; fibras septadas presentes. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em câmaras de células do parênquima axial.

*Guarea guidonia* (L.) Sleumer, Meliaceae (Fig 2c, 3f, 8 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta; marcada por fibras de paredes espessas achatadas radialmente. **Vasos:** porosidade difusa; solitários (22%), e em múltiplos de dois radiais (55%), ( múltiplos de três ou mais) (35%); diâmetro tangencial 131,86 (99,64-181,16)  $\mu\text{m}$ ; 13 (4–22) vasos por milímetro quadrado; gomas e / ou outros depósitos ocasionalmente presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma na célula do raio em toda a célula dos raios. **Parênquima axial :** paratraqueal e/ou em faixas; paratraqueal aliforme linear, confluyente em trechos longos tendendo a formar faixas; em faixas estreitas ou linhas com até três células de largura; filamento de parênquima (cinco a oito células). **Raios:** multiseriados (1 a 3 células de largura); 9 (6-11) raios por milímetro linear; células dos raios do corpo procumbentes com uma fileira de células marginais eretas e / ou quadradas. **Fibras:** paredes finas a grossas; fibras septadas presentes. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em células dos raios; cristais prismáticos em câmaras nas células do parênquima axial; cristais prismáticos em parênquima axial compartimentado.

*Castilla ulei* Warb., Moraceae (Fig. 2d, 3g, 5 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta; marcada por fibras de paredes espessas achatadas radialmente e parênquima marginal ou simulando faixas marginais. **Vasos:** porosidade difusa; solitário (57%) e em múltiplos de dois (39%), múltiplos de três ou mais (3%); diâmetro tangencial 147,07 (68,84-210,14)  $\mu\text{m}$ ; 4 (1–6) vasos por milímetro quadrado; tilos comuns e gomas ou outros depósitos presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas, placas de perfuração simples pontuações raio-vasculares com aréolas bem reduzidas até aparentemente simples: pontuações horizontais (escalariformes, semelhantes a cortes) a verticais (paliçada). **Parênquima axial:** paratraqueal e / ou em faixas; aliforme e/ou aliforme losangular, formando confluências curtas (até dois vasos) e longas, tendendo a formar faixas; faixas com mais de três células de largura; faixas marginais (ou aparentemente marginais); 3-7 células por filamento de parênquima. **Raios:** multiseriados (4 a 10 células de largura); 5 (3-8) raios por milímetro linear; células dos raios do corpo procumbentes com principalmente com 2 a 4 fileiras de células

marginais eretas e / ou quadradas. **Fibras:** paredes muito finas; fibras septadas presentes. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** tubos laticíferos. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em células do parênquima axial (sem câmaras).

*Ficus paraensis* (Miq.) Miq, Moraceae (Fig. 2b, 3h, 7 a-f)

**Camada de crescimento:** limites distintos, demarcados pela diminuição da frequência das faixas de parênquima em direção ao lenho tardio resultando em zonas de fibras distintas. **Vasos:** porosidade difusa; solitário (62%), e em múltiplos de dois radiais (24%), múltiplos de três ou mais (14%); diâmetro tangencial 214,10 (110,51-346,01)  $\mu\text{m}$ ; 1 (0–4) vasos por milímetro quadrado; tilos e / ou outros depósitos ocasionalmente presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas, pontuações arredondados ou angulares. **Parênquima axial:** em faixas com mais de três células de largura; 3-4 células por filamento de parênquima. **Raios:** multiseriados (4 a 10 células de largura); 5 (3-6) raios por milímetro linear; células dos raios do corpo procumbentes com uma fileira de células marginais eretas e / ou quadradas. **Fibras:** paredes muito finas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** canais radiais ocasionalmente presentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em células dos raios; cristais prismáticos no parênquima axial.

*Zanthoxylum ekmanii* (Urb.) Alain, Rutaceae (Fig. 2e, 3i, 13 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta, marcada por fibras de paredes espessas achatadas radialmente, parênquima marginal e diferença do diâmetro do vaso entre lenho tardio e lenho inicial. **Vasos:** semi-poroso; solitário (64%), e em múltiplos radiais de dois (28%), múltiplo de três ou mais (8%); diâmetro tangencial 118,27 (75,59- 174,95)  $\mu\text{m}$ ; 8 (3-16) vasos por milímetro quadrado; gomas ou outros depósitos presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternadas; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma em toda a célula dos raios. **Parênquima axial:** paratraqueal e/ou em faixas; marginal ou simulando linhas marginais; paratraqueal difuso em agregados; 3-4 células por filamento de parênquima. **Raios:** multiseriados (1 a 3 células de largura); 6 (4-8) raios por milímetro linear; células dos raios do corpo procumbentes com uma fileira de células marginais eretas e / ou quadradas. **Fibras:** paredes muito finas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos nas fibras.

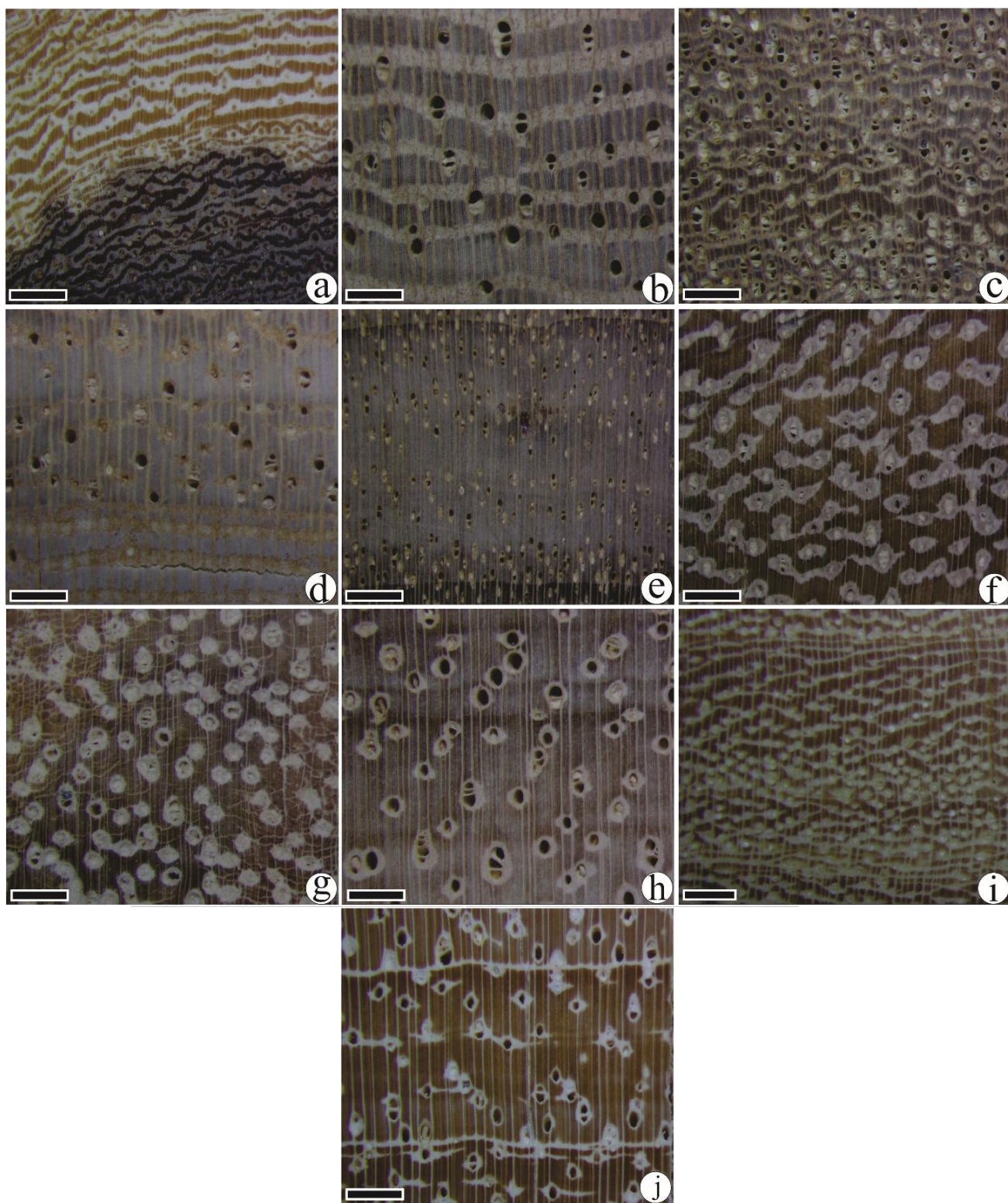
*Ampelocera edentula* Kuhl., Ulmaceae (Fig. 2i, 3j, 4 a-f)

**Camada de crescimento:** distinta; marcada por fibras de paredes espessas achatadas radialmente e parênquima marginal ou simulando faixas marginais. **Vasos:** Porosidade difusa; solitário (78%), múltiplos de dois radiais (15%), múltiplos de três ou mais (7%); diâmetro tangencial 86,00 (52,92-133,91)  $\mu\text{m}$ ; 20 (16–24) densidade de vasos (número mm – 2); tilos comuns e gomas ou outros

depósitos presentes; placas de perfuração simples; pontuações intervasculares alternas; pontuações raio-vasculares com aréolas distintas; semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma na célula dos raios. **Parênquima axial:** paratraqueal e / ou em faixas; aliforme, formando confluências curtas (até três vasos) e longo tendendo a formar faixas; faixas com mais de três células de largura; faixas marginais (ou aparentemente marginais); 2-4 células por filamento de parênquima. **Raios:** multiseriados (1 a 3 células de largura); 11 (9-13) raios por milímetro linear; células de raios corporais procumbentes com uma fileira de células marginais eretas e / ou quadradas. **Fibras:** paredes muito espessas. **Estrutura estratificada:** parênquima axial e / ou elementos de vasos estratificados. **Elementos secretores:** ausentes. **Inclusões minerais:** cristais prismáticos em células procumbentes, eretas e / ou quadradas de raios e sem câmaras em parênquima axial não compartimentado.

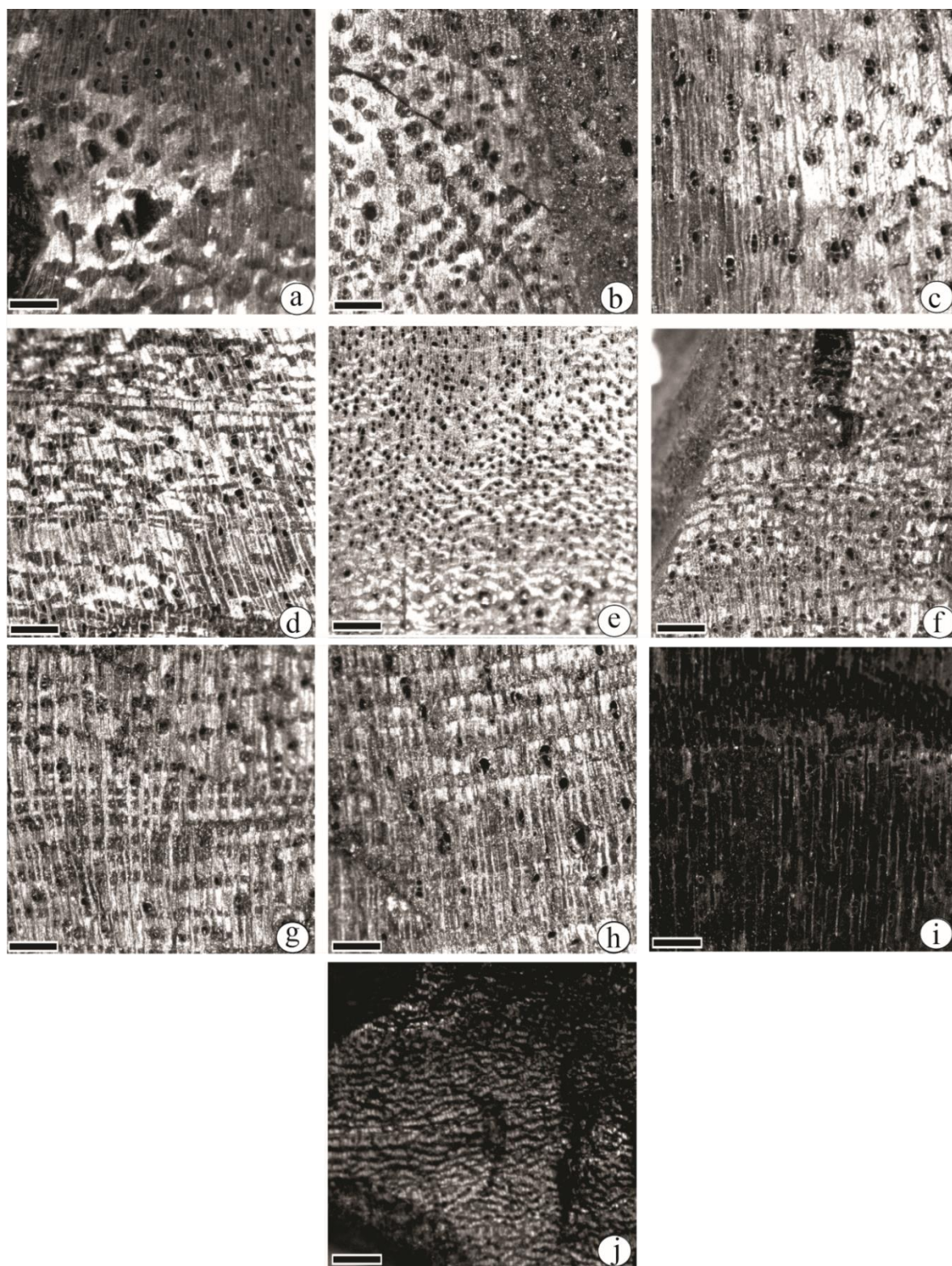


**Figura 2.** Fotomacrografia da madeira das espécies estudadas



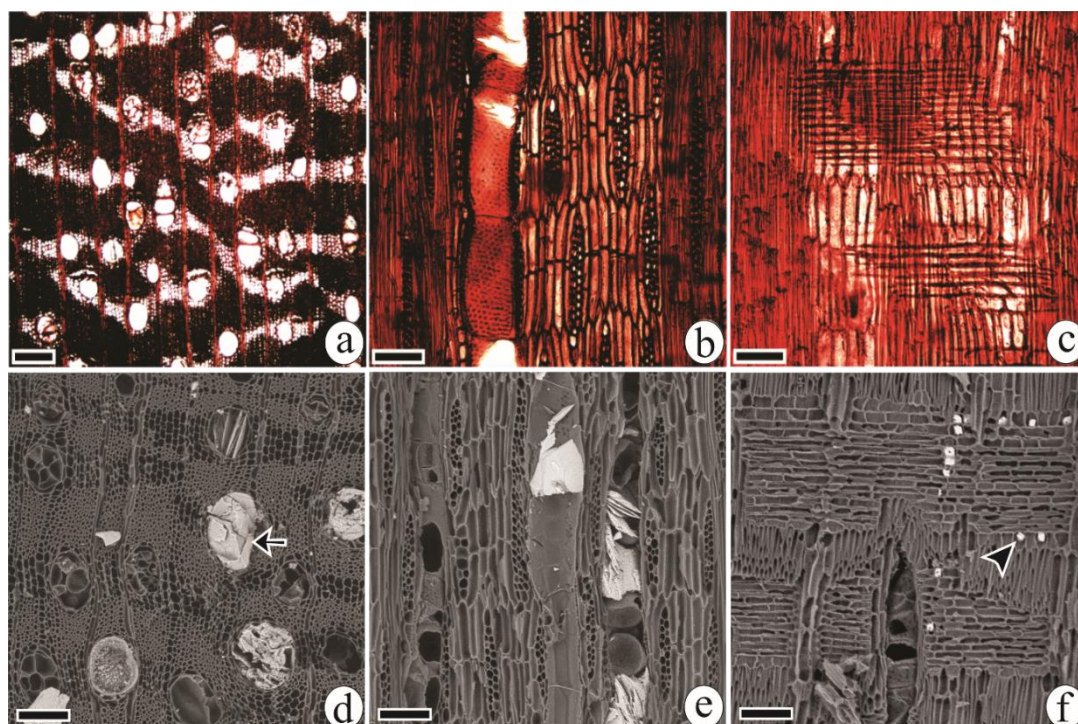
(a) *Cenostigma tocantinum*, (b) *Ficus paraensis* (c) *Guarea guidonia* (d) *Castilla ulei*, (e) *Zanthoxylum ekimani*, (f) *Inga alba*, (g) *Inga marginata*, (h) *Parkia multijuga* (i) *Ampelocera edentula*, (j) *Senegalia polyphylla*

**Figura 3.** Fotomacrografia do carvão vegetal das espécies estudadas



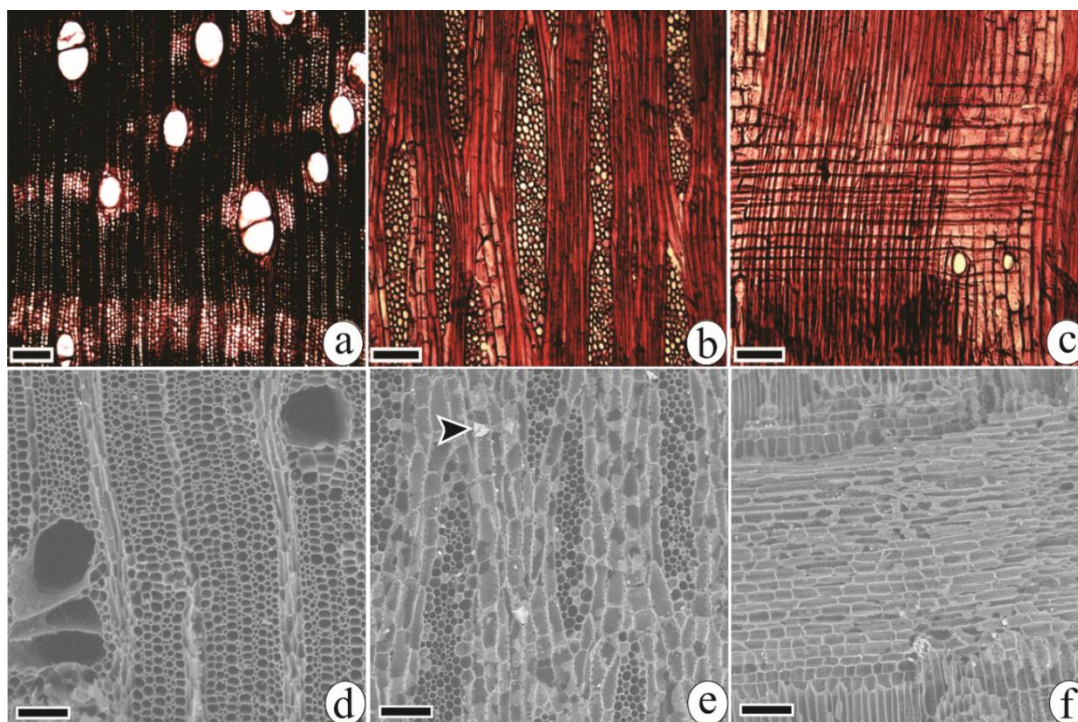
(a) *Inga alba*, (b) *Inga marginata*, (c) *Parkia multijuga*, (d) *Senegalia polyphylla*, (e) *Cenostigma tocantinum*, (f) *Guarea guidonia* (g) *Castilla ulei*, (h) *Ficus paraensis*, (i) *Zanthoxylum ekimanii*, (j) *Ampelocera edentula*

**Figura 4.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Ampelocera edentula*



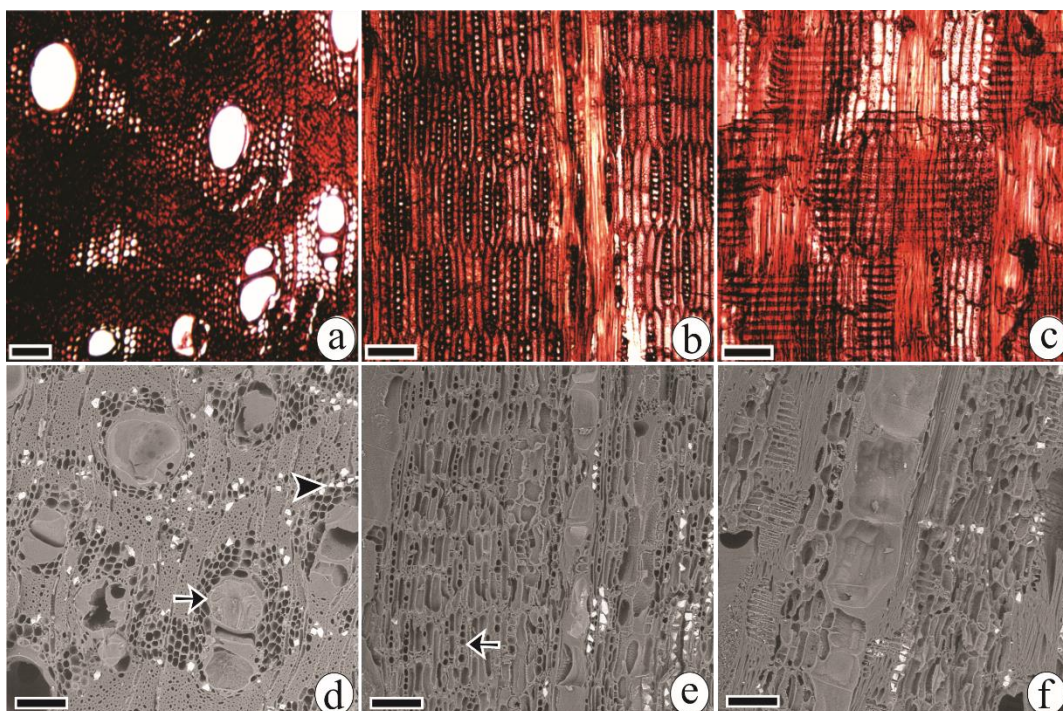
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 5.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Castilla ulei*



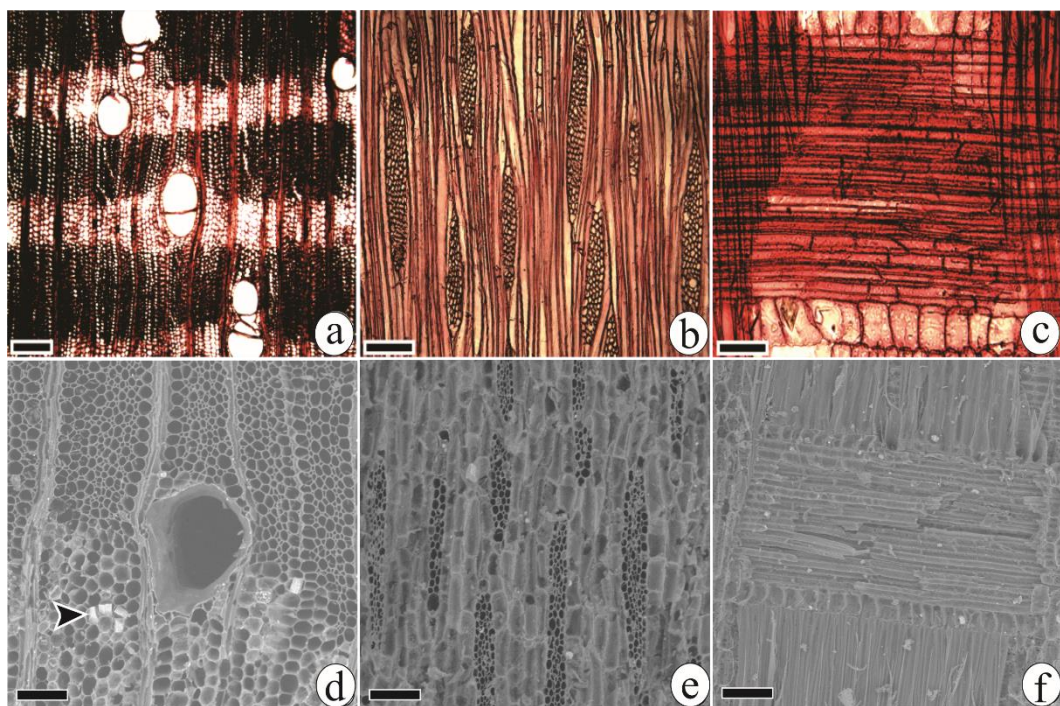
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 6.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Cenostigma tocantinum*



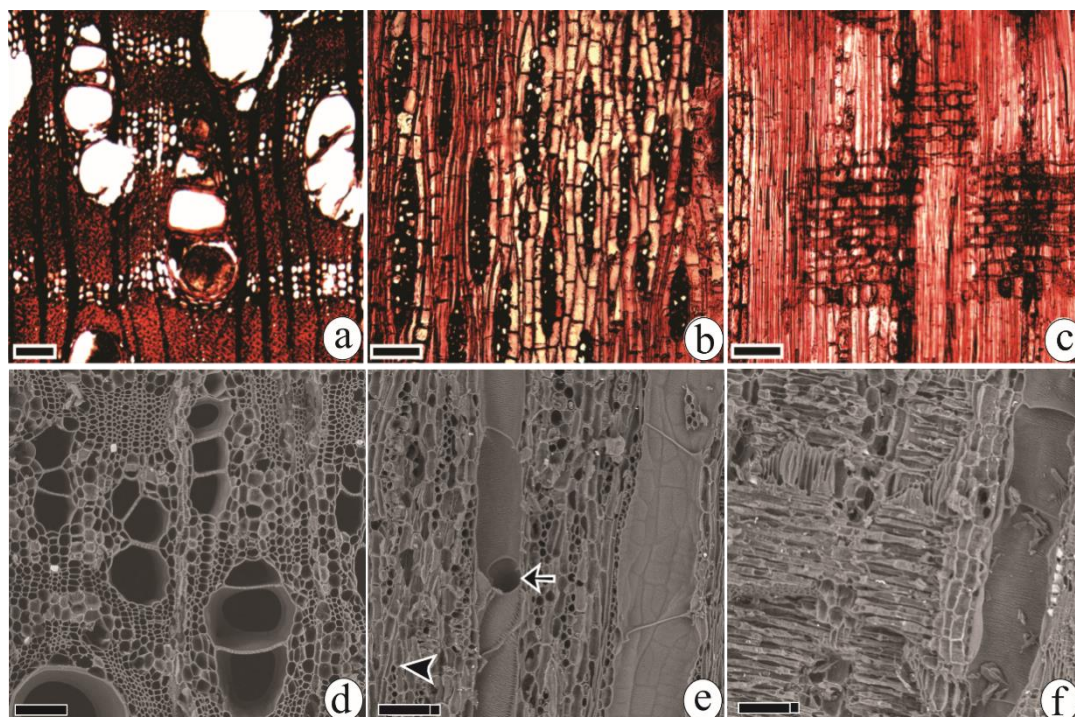
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 7.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Ficus paraensis*



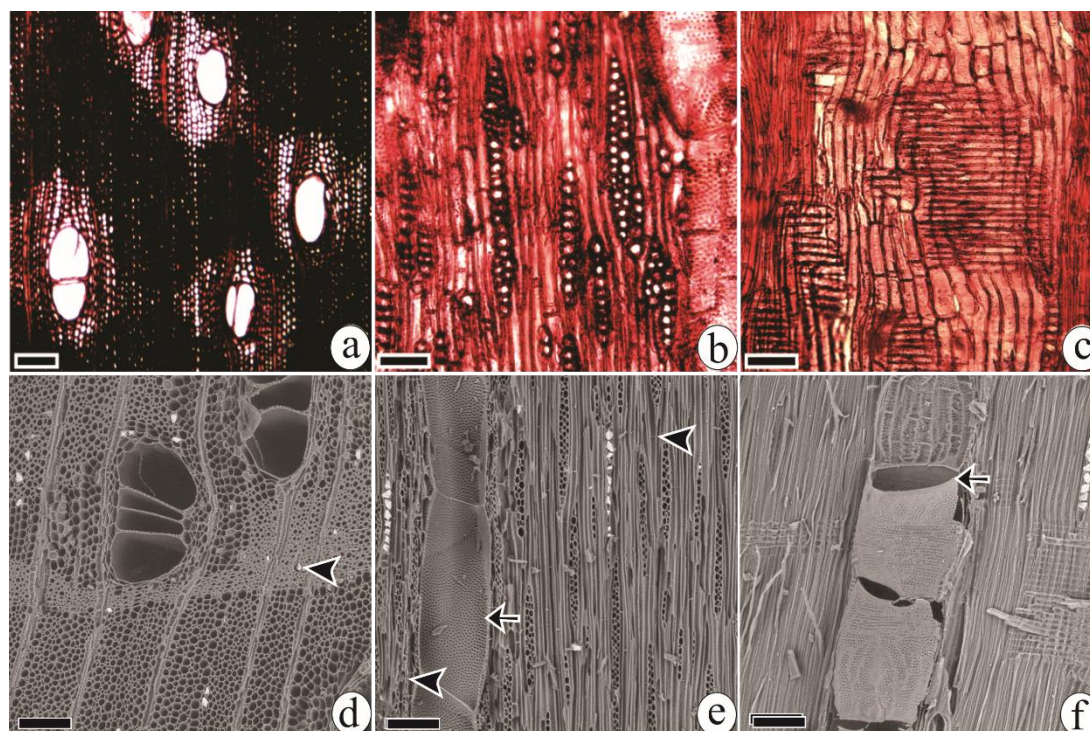
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 8.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Guarea guidonia*



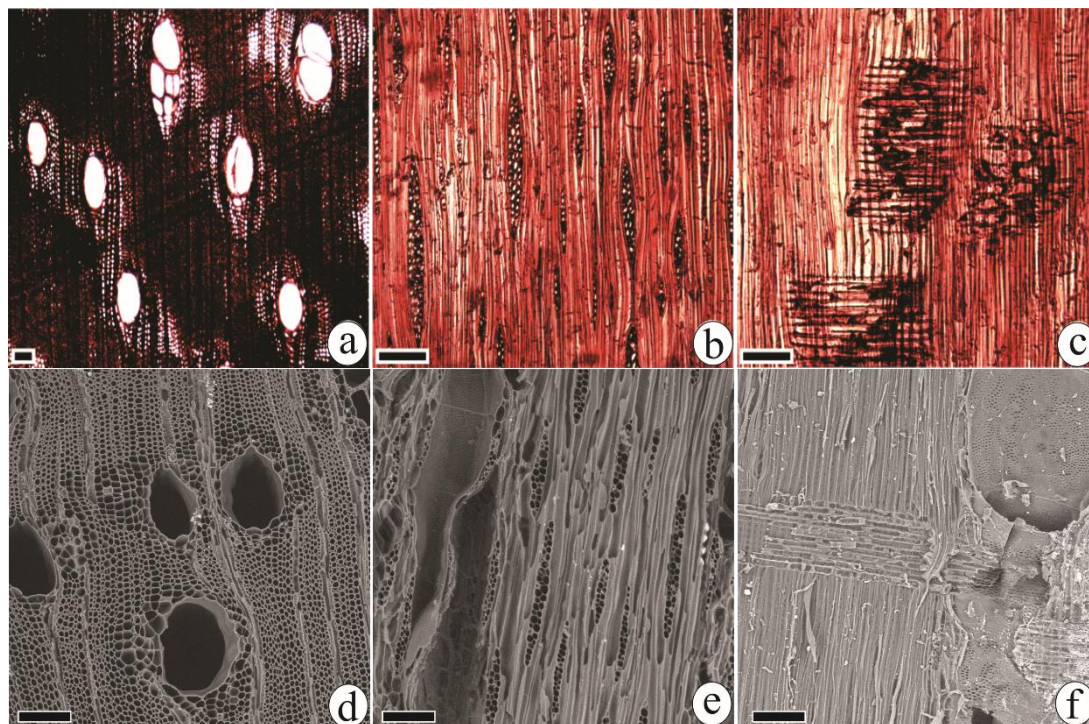
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 9.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Inga alba*



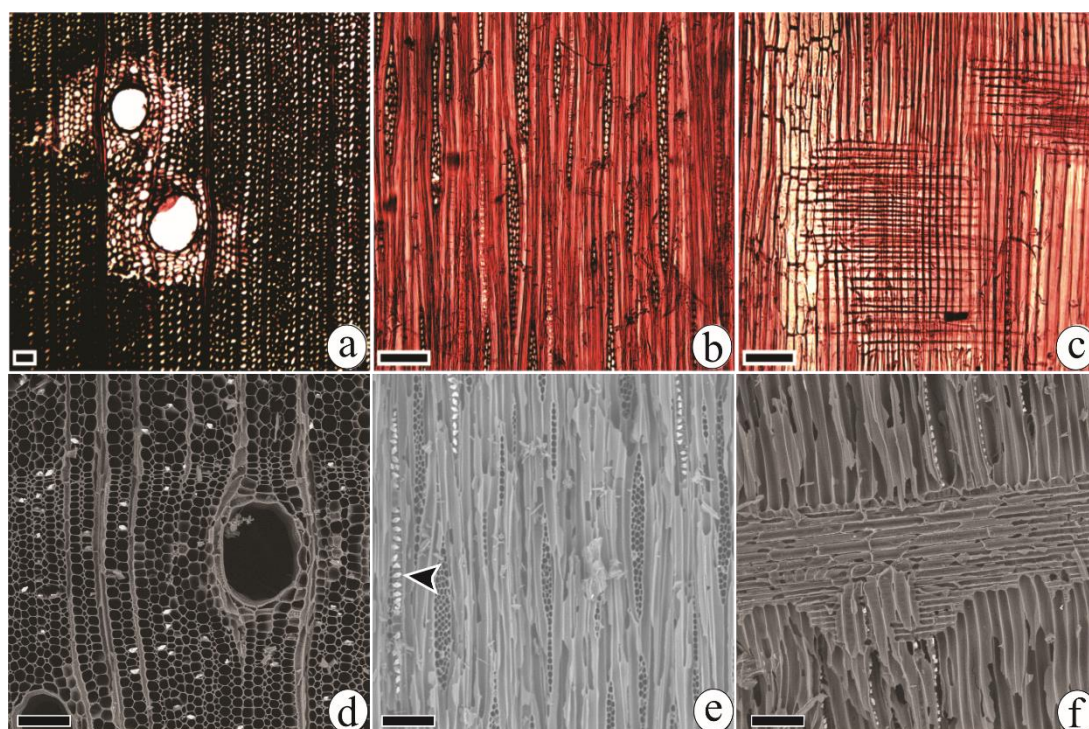
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 10.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Inga marginata*



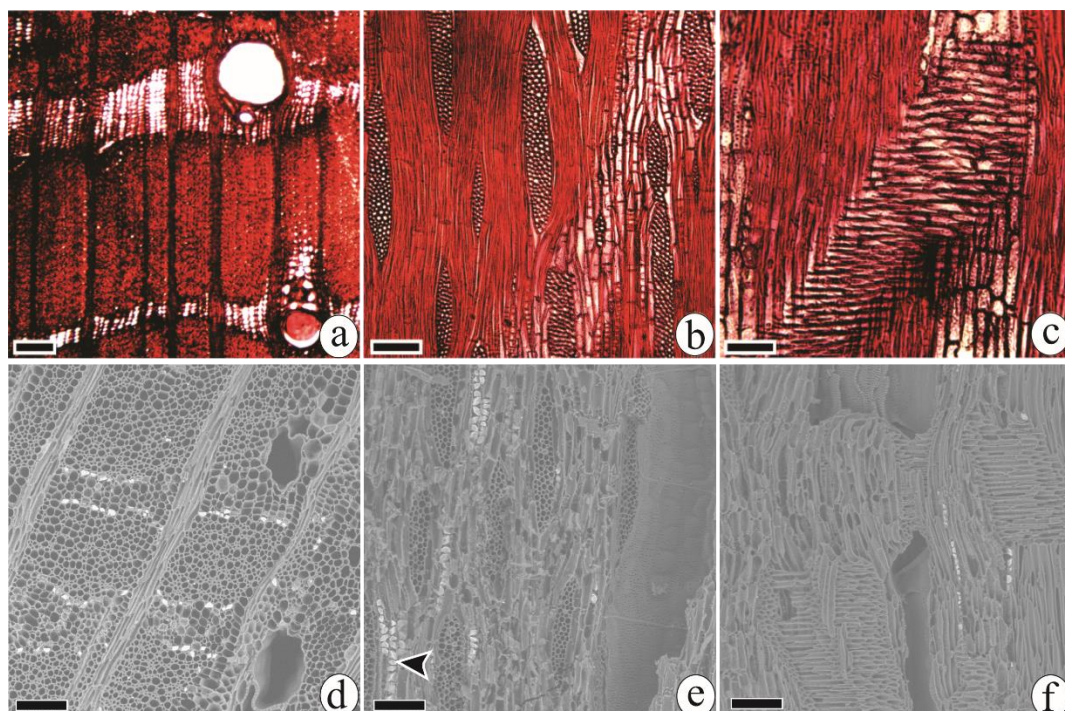
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 11.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Parkia multijuga*



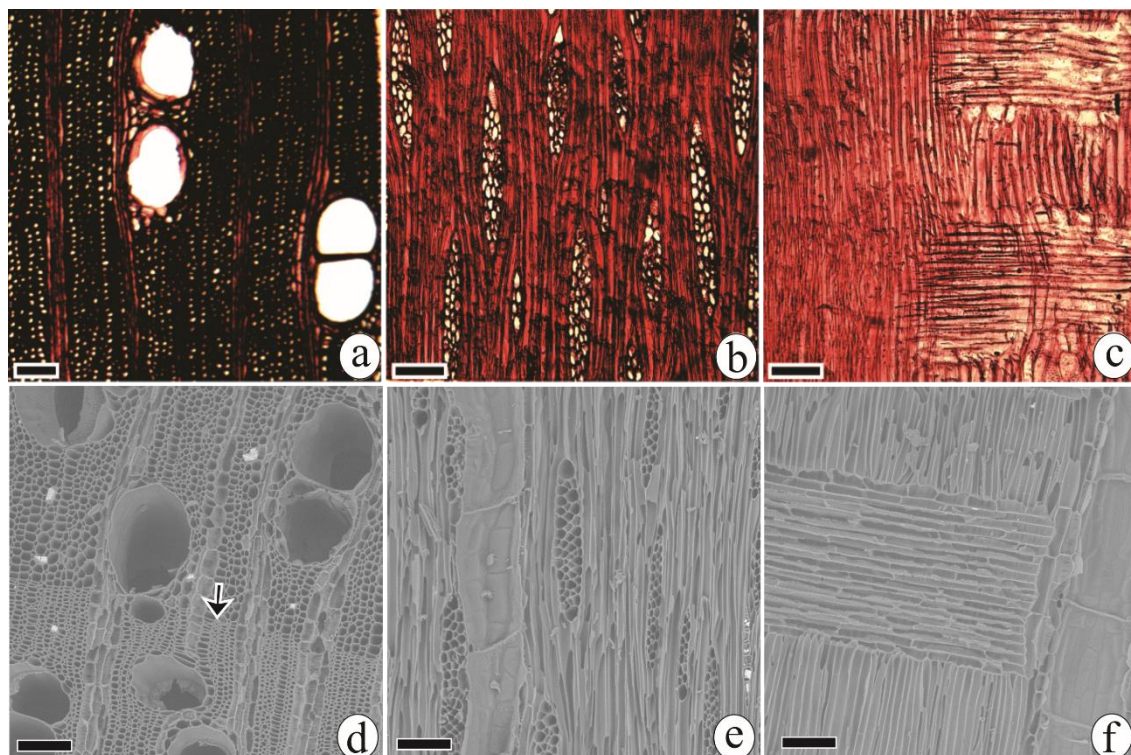
(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 12.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Senegalia polyphylla*



(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

**Figura 13.** Fotomicrografia da madeira e do carvão vegetal da espécie *Zanthoxylum ekimanii*



(a) seção transversal 200  $\mu\text{m}$ ; (b) seção longitudinal tangencial 100  $\mu\text{m}$ ; (c) seção longitudinal radial 100  $\mu\text{m}$ . (d) Seção transversal (TS); (e) Seção longitudinal tangencial (TLS); (f) Seção longitudinal radial (RLS) A seta TS aponta para gomas ou outros depósitos. A seta TLS aponta para fibra septada. A ponta da seta RLS aponta para cristais prismáticos em células procumbentes, verticais e/ou de raios quadrados. Barras de escalas: 100  $\mu\text{m}$  (d-f)

A Tabela 2 resume as principais características anatômicas para auxiliar na identificação da madeira e do carvão

**Tabela 2.** Principais características anatômicas. Dados qualitativos: (+) presença; (-) ausência. Sr: Madeira semi-porosa; Vasos. mm<sup>2</sup> - a: ≤ 5 vasos por milímetro quadrado, b: 5 - 20 vasos por milímetro quadrado; Vaso - furos de raios - a: Pontuações de raios com bordas distintas, semelhantes às pontuações intervasculares em tamanho e forma em toda a célula do raio, b: Pontuações raiovasculares com bordas muito reduzidas a aparentemente simples: pontuações arredondadas ou angulares, c: Pontuações de raio com bordas muito reduzidas e aparentemente simples: pontuações horizontais (escalariformes), verticais (paliçadas); Sf: Fibras de septadas; Composição dos raios - a: Todas as células de raios procumbente, b: Células de raios do corpo procumbente com uma fileira de células marginais verticais e/ou quadradas, c: células de raios procumbente com o corpo com 2-4 fileiras de células marginais verticais e/ou quadradas; Ru: Raios exclusivamente uniseriados; Lr: Raios comumente maiores seriado 4 - a 10 células ; Sc: Células da bainha; Tc: Células de tilos; Ss: Estrutura armazenadora; Se: Elementos secretos.







## 5. Discussão e Conclusões

### 5.1 Anatomia da madeira

Das espécies estudadas, *Cenostigma tocantinum*, *Ficus paraensis* e *Zanthoxylum ekmanii* não tiveram características anatômicas de sua madeira descritas em literatura. Por isso, comparamos os resultados encontrados com outras espécies do mesmo gênero utilizando literatura especializada e o banco de dados do *InsideWood*, concordando em sua grande maioria com as descrições encontradas.

As espécies apresentaram características que são importantes para sua identificação, como a distinção entre o cerne e o alburno e raios estratificados para *C. tocantinum*, presença de cerne e alburno indistinto e parênquima axial em faixas em *F. paraensis*, característica comum em outras espécies do gênero (Weiers e Melo Junior 2009; Melo Junior et al. 2018). Para *Z. ekmanii*, destaca-se a presença de canais resiníferos de origem traumática, corroborando com o encontrado por Flores et al. (2010) para a espécie *Z. purpsii*.

O parênquima axial é considerado uma das características mais importantes para a identificação de espécies pela anatomia do lenho (Metcalf e Chalk 1950; Wheeler et al. 1986; Chimelo et al. 1993). A maioria das espécies estudadas apresentaram parênquima em faixas ou aliforme. As espécies *G. ulmifolia* e *E. uchi* foram as únicas a apresentarem parênquima difuso e difuso em agregados, corroborando com os resultados encontrados por SantiniJunior (2013) para *E. uchi* e Cury e Tomazello Filho (2012) para *G. ulmifolia*.

A presença de camada de crescimento distinta foi observada na maioria das espécies estudadas (71%). A distinção de camada de crescimento pode ser explicada pela disponibilidade hídrica do local ou serem espécies tropicais que tendem a formar camadas de crescimento por parênquima axial ou espessamento da parede da fibra (Alves e Angyalossy-Alfonso 2000; Carlquist 2001; Barros et al. 2006; Schweingruber 2007). Entretanto deve-se levar em consideração que algumas destas características, como o parênquima marginal, nem sempre ocorrem em todas as amostras e é de difícil visualização, sendo necessário uma análise mais minuciosa, como o ocorrido nas espécies *I. alba* e *Z. ekmanii*.

A presença de tubos laticíferos e/ou taníferos encontrados nas espécies *F. paraensis* e *C. ulei*, é um diagnóstico que pode ser útil na identificação quando combinadas com outros caracteres anatômicos (Gonçalves et al 2016). Embora seja uma característica normal para alguns gêneros, são poucas informações disponíveis sobre sua formação e função (Chattaway 1950; Lapsha e Wheeler 1990).

A presença de cristais prismáticos, embora sejam caracteres importantes na identificação, também podem estar relacionados a fatores ambientais, como a região de coleta e necessidade hídrica do vegetal, essa característica foi observado nas espécies estudadas, essa característica é classificado como um mecanismo de defesa contra herbívoros (Franceschi e Nakata 2005).

A partir da caracterização foi observado que com exceção de *Z. ekimani*, que apresentou porosidade em anéis semi-porosos, apesar dessa característica raramente ocorrem em ambientes tropicais úmidos (Wheeler et al. 2007), a porosidade difusa foi a característica mais comum para todas as espécies. Essa particularidade de porosidade pode diferenciar completamente a *Z. ekimani*, podendo auxiliar na identificação anatômica. A porosidade difusa também foi observada por Alves e Angyalossy-Afonso (2000) e Sofiatti et al. (2016) sendo uma característica frequente para a maioria das espécies tropicais, assim como as aqui descritas, pois o grau de porosidade também pode ser influenciado pelas condições de crescimento do vegetal (Herendeen e Miller 2000).

Dentre as espécies destaca-se a caracterização de *G. ulmifolia*, devido a presença de células tilosas. Esse gênero já tem sido estudado com o objetivo de entender a formação desse tecido (Chattaway 1933) e acredita-se que a forma desses raios não dependa apenas das divisões desiguais das iniciais cambiais, mas também de um fator fisiológico dentro das células (Manchester e Miller 1978). Embora ainda não se saiba a origem e a função de células tilosas (Carlquist 2018) é uma característica que pode auxiliar na distinção entre outras espécies.

As espécies analisadas apresentaram características em sua anatomia que possibilitaram sua distinção. A característica anatômica que mais facilitou a distinção das espécies foi o parênquima axial e a presença de inclusões minerais e elementos secretores.

Destaca-se a importância das características apresentadas das espécies que não possuíam descrição em literatura: *Cenostigma tocanthum* Ducke, *Ficus paraensis* (Miq.) Miq e *Zanthoxylum ekimani* (Urb.). Conclui-se que as características anatômicas das espécies amazônicas são potencialmente informativas e podem auxiliar na identificação e na conferência do Documento de Origem Florestal (DOF) contribuindo para a fiscalização do comércio de madeiras na região e para o maior conhecimento da biodiversidade de espécies arbóreas ocorrentes na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri.

## **5.2 Anatomia do carvão vegetal**

As características anatômicas da madeira, principalmente qualitativas, das espécies-alvo foram muito bem preservadas, mesmo após a carbonização e a anatomia do carvão

estavam de acordo com as descrições genéricas e específicas da madeira, por ex. para *Ampelocera edentula* (Détienne e Jacquet 1983, InsideWood- onwards 2004; cf Wheeler 2011), *Castilla ulei* (Mennega e Lanzing-Vinkenborg 1977; Détienne e Jacquet 1983; InsideWood- onwards 2004; cf Wheeler 2011), *Guarea guidonia* (Détienne e Jacquet 1983; InsideWood- onwards 2004; cf Wheeler 2011), *Inga alba* (Baretta-Kuipers 1973; Détienne e Jacquet 1983; Mainieri e Chimelo 1989; Gasson 1997; Miller e Détienne 2001; Evans et al. 2006; InsideWood- onwards 2004; cf Wheeler 2011), *Inga marginata* (Baretta-Kuipers 1973; Gasson 1997; Evans et al. 2006; Silva et al. 2014), *Parkia multijuga* (Mainieri 1958; Détienne e Jacquet 1983; Fedalto et al. 1989; InsideWood- onwards 2004; cf Wheeler 2011) e descrição de carvão vegetal de *Senegalia polyphylla* (Détienne e Jacquet 1983; Miller 2007; InsideWood- onwards 2004; cf. Wheeler 2011).

As espécies-alvo não descritas anteriormente na literatura, *Ficus paraensis* e *Zanthoxylum ekmanii*, foram comparadas com descrições genéricas usando o banco de dados InsideWood (Wheeler 2011). Características diagnósticas comuns observadas em *Ficus* spp., como faixas de parênquima axial com mais de três células de largura e raios maiores comumente 4 a 10 seriados (Koek-Noorman et al. 1984) e *Zanthoxylum* spp., Parênquima axial em marginal ou aparentemente faixas marginais (Sosef et al. 1998) também foram descritas para a anatomia do carvão das espécies estudadas.

*Cenostigma tocaninum* é uma espécie arbustiva ou arbórea endêmica do Brasil, ocorrendo apenas nos estados do Pará e Tocantins na Amazônia brasileira (Gaem 2020). Existem 14 espécies no gênero *Cenostigma*, com exceção de *C. macrophyllum* e *C. tocaninum*, as outras espécies anteriormente pertenciam ao gênero *Caesalpinia* (Gagnon et al. 2016; POWO 2019).

Até onde sabemos, não há registros da anatomia do carvão, ou mesmo da madeira da espécie *Cenostigma tocaninum*. As características anatômicas do carvão vegetal concordam estreitamente com as descrições gerais da madeira do clado Caesalpinioideae e Mimosoid (Fabaceae) (Metcalf e Chalk 1950; Mainieri et al. 1983; InsideWood-2004 em diante, cf Wheeler 2011) e com a descrição da espécie, *Caesalpinia eriostachys*, *C. gaumeri*, *C. myabense*, *C. pluviosum*, *C. pyramidale* (Gasson et al. 2009) e *C. pyramidale* (Silva et al. 2009), todos hoje pertencentes ao gênero *Cenostigma* (Gagnon et al. 2016). Fabaceae também é uma família com alta incidência de estrutura estratificada (IAWA Committee 1989, p. 298; Wheeler et al. 2007), como também foi observado em *Cenostigma tocaninum* que possui raios, elementos de vasos e parênquima axial estratificados.

Apenas *Inga alba* apresentou dados quantitativos, para o diâmetro tangencial dos

vasos (100 - 200  $\mu\text{m}$ ) em carvão vegetal, diferentes das descrições anteriores ( $\geq 200 \mu\text{m}$ ) em madeira (Détienne e Jacquet 1983; Mainieri e Chimelo 1989; Miller e Détienne 2001; Evans et al. 2006; InsideWood- onwards 2004; cf Wheeler 2011). Esta é uma informação importante, pois embora sejam esperadas alterações morfológicas na anatomia da madeira devido ao processo de carbonização (Prior e Alvin 1986, Prior e Gasson 1993, Gonçalves et al. 2012, Perdigão et al. 2020), aqui na maioria dos casos, os dados qualitativos e quantitativos foram diretamente comparáveis entre madeira e carvão. Não existe um padrão de variação quantitativa das células, devido ao processo de carbonização, que é aplicável a todas as espécies. Isso depende parcialmente do tamanho do vaso, proporções do parênquima axial e de raio, teor de umidade quando carbonizado (Prior e Alvin 1983, 1986; Prior e Gasson 1993; Gonçalves et al. 2012; Perdigão et al. 2020). A variabilidade intraespecífica e / ou fatores ecológicos também podem estar implícitos (Gonçalves e Scheel-Ybert 2016).

Outra importante característica diagnóstica, facilmente observada em macrografias e imagens de MEV, foi a frequência dos vasos, quando abundantes como em *Ampelocera edentula* ou incomum como em *Ficus paraensis*. O diâmetro do vaso também foi observado em macrografias e imagens de MEV, mas quando analisadas isoladamente podem levar à identificação enganosa do carvão. A carbonização pode levar a rupturas na parede de múltiplos vasos (Perdigão et al. 2020; Braga Júnior et al. 2021) e, portanto, pequenos vasos podem ser classificados como grandes vasos na análise macroscópica da superfície transversal.

Para a maioria das espécies estudadas, a vitrificação facilitou a observação das células na análise macroscópica, especialmente do parênquima axial. Condições específicas de combustão ou tafonomia frequentemente causam a vitrificação do carvão, que corresponde à fusão de elementos celulares dentro da madeira, levando à homogeneização das paredes celulares, especialmente as fibras, e ao contraste entre os tons de cinza branco e escuro (Marguerie e Hunot 2007).

As imagens de MEV permitem que mais características diagnósticas sejam visualizadas e, assim, avancem na identificação, para distinguir famílias ou mesmo gêneros e, às vezes, a partir da combinação de diferentes características, até mesmo espécies. Dentre as espécies estudadas, algumas características incomuns foram observadas e, portanto, altamente diagnósticas para a identificação anatômica, tais como, anel semi poroso, raios exclusivamente unisseriados, células da bainha, células de tilos e estrutura estratificada (Wheeler et al. 2007; Wheeler et al. 2020).

No banco de dados InsideWood (<https://insidewood.lib.ncsu.edu>), há registros de 49 espécies do gênero *Zanthoxylum*, mas não de *Zanthoxylum ekmanii*, entre as espécies há, anel poroso (por exemplo, *Zanthoxylum americanum* Mill.), anel semi-poroso (por exemplo, *Zanthoxylum arborescens* Rose) e difuso-poroso (*Zanthoxylum coco* Gillies ex Hook. f. & Arn), este gênero tem uma ampla distribuição geográfica no mundo (InsideWood-2004 em diante; cf Wheeler 2011). Madeira semi-porosa é uma característica anatômica importante e pode ser útil para restringir uma pesquisa (Wheeler et al. 2020), vista apenas em *Zanthoxylum ekmanii*. Esta espécie tende a ter numerosos elementos de vasos estreitos no lenho tardio, e ausentes no lenho inicial, nas imagens os vasos estreitos do lenho tardio são distintos.

Geralmente, se os raios são estratificados, o parênquima axial e os vasos também são estratificados (IAWA Committee 1989; Wheeler et al. 2020). Essas características muito distintas são encontradas em muitas madeiras de lei comerciais pertencentes a Bignoniaceae, Dipterocarpaceae, Leguminosae (Fabaceae), Malvaceae e Zygophyllaceae (InsideWood-2004 em diante; Wheeler 2011; Wheeler et al. 2020), mas a combinação de raios exclusivamente unisseriados e estratificados, a estrutura é incomum e altamente diagnóstica (Wheeler et al. 2020) e foi especialmente útil para a identificação anatômica do carvão de *Cenostigma tocaninum*.

As características anatômicas foram bem preservadas em carvão, e os dados qualitativos e quantitativos são semelhantes aos de estudos publicados anteriormente em anatomia da madeira.

Os padrões do parênquima axial e a frequência dos vasos são facilmente observados no carvão, mesmo com lupas portáteis com aumento de 10x. Eles são importantes recursos de diagnóstico para a triagem inicial de famílias e para verificar uma remessa em relação ao DOF (“documento de origem florestal”) por agentes de vigilância.

As imagens de MEV nos permitem fornecer identificações mais precisas e registrar características altamente diagnósticas, como raios exclusivamente unisseriados, células da tilos e estrutura estratificada, que podem distinguir gêneros ou mesmo espécies.

## **6. Recomendações para o manejo**

Sabe-se que as Unidades de Conservação no Brasil e no mundo sofrem pressões antrópicas que impedem o cumprimento de sua finalidade, dentre elas, a produção de carvão vegetal proveniente da extração ilegal de madeira, e diferentes formas de degradação florestal. Com isso, a anatomia da madeira e do carvão vegetal é uma ferramenta importante que pode ser útil na identificação forense da madeira e do carvão, além de auxiliar na conservação dessas áreas.

A relevância do projeto para a conservação da biodiversidade está diretamente relacionada com a disponibilização do banco de dados macroscópicos e microscópicos da madeira e do carvão vegetal que ilustram recursos de diagnóstico para triagem inicial de famílias e verificação da carga de acordo com o DOF ("documento de origem florestal") pelos agentes de vigilância e serão úteis como um bom banco de dados para aplicações práticas em Unidades de Conservação da Amazônia Brasileira e outras regiões com problemas semelhantes.

## **7. Agradecimentos**

Agradeço ao ICMBio, pela oportunidade de estágio e por toda assistência para a realização desse projeto.

Ao meu orientador André Luís Macedo Vieira e coorientador Luiz Eduardo de Lima Melo, pela dedicação, orientação e por fazer o possível o desenvolvimento do trabalho.

A Liga Acadêmica de Ciência e Tecnologia da Madeira- LCTM, em especial aos meus amigos que compõem esse grupo, por todo o apoio, incentivo e ajuda.



## 8. Cronograma de Conclusão do Plano de Trabalho

Etapa 1 – a) Coleta das amostras do lenho e também do material botânica para confecção das excitadas e herborização. Preparação dos corpos de prova para anatomia do lenho e carbonização

Etapa 2 – a) Polimento da superfície transversal do lenho para caracterização macroscópica e confecção das lâminas histológicas e material macerado para caracterização anatômica microscópica

Etapa 3 – a) Produção laboratorial do carvão vegetal a partir do lenho coletado b) caracterização anatômica macroscópica do carvão produzido c) microscopia Eletrônica de Varredura do Carvão Produzido

Etapa 4 – a) Finalização do relatório final e submissão do artigo científico a periódico da área.

Etapa	Ago/21	Set/21	Out/21	Nov/21	Dez/21	Jan/22	Fev/22	Mar/22	Abr/22	Mai/22	Jun/22	Jul/22
1	◆											
2		◆	◆	◆	◆	◆						
3							◆	◆	◆	◆	◆	
4												◆

## 9. Citacões e referências bibliográficas

- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA journal*, v. 21, n. 1, p. 3-30, 2000.
- ARAÚJO, E. et al. Áreas protegidas da Amazônia legal com mais alertas de desmatamento em 2012-2013. Imazon, Belém, 2013.
- BARETTA-KUIPERS, T. Some aspects of wood-anatomical research in the genus *Inga* (Mimosaceae) from the Guianas and especially Suriname. *Acta botanica neerlandica*, v. 22, n. 3, p. 193-205, 1973.
- BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, v. 535, n. 7610, p. 144-147, 2016.
- BARROS, C. F. et al. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, v. 57, p. 443-460, 2006.
- CARDOSO, D. et al. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 40, p. 10695-10700, 2017.
- CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer Science & Business Media, 2013.
- CARLQUIST, S. Living cells in wood 3. Overview; functional anatomy of the parenchyma network. *The Botanical Review*, v. 84, n. 3, p. 242-294, 2018.
- CHATTAWAY, Margaret. The development of horizontal canals in rays. *Australian Journal of Biological Sciences*, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1951.
- CHIMELO, J. P. et al. IMAC: identificação de madeiras brasileiras com auxílio do computador. São Paulo: IPT, 1993.
- MUÑIZ, G.; CORADIN, V. R. Normas de procedimentos em estudo de anatomia da Madeira. I-Angiospermae, II-Gimnospermae. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais. Série Técnica, n. 15, 1991.
- CRAWLEY, Michael J. Statistical computing an introduction to data analysis using S-Plus. 2002.
- CURY, G.; TOMAZELLO FILHO, M. Anatomia do lenho de espécies pioneiras do Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, v. 40, p. 491-498, 2012.
- DÉTIENNE, Pierre; JACQUET, Paulette. Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des régions voisines. 1983.
- DORMONTT, E. E. et al. Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging. *Biological Conservation*, v. 191, p. 790-798, 2015.
- EVANS, Jennifer A. et al. Wood anatomy of the Mimosoideae (Leguminosae). Published for the International Association of Wood Anatomists at the Nationaal Herbarium Nederland, 2006.
- FEDALTO, L. C. et al. Madeiras da Amazonia, descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional do Tapajós. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF (Brasil). Laboratório de Produtos Florestais, 1989.
- ARENAS FLORES, F. et al. La madera de cinco especies de *Zanthoxylum* L.(Rutaceae)

con distribución en México. *Madera y bosques*, v. 18, n. 1, p. 43-56, 2012.

FRANCESCHI, V. R.; NAKATA, P. A. Calcium oxalate in plants: formation and function. *Annual review of plant biology*, v. 56, p. 41, 2005.

GAEM, P. H. *Cenostigma* in *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB606076>>. Acesso em: abril de 2022.]

GAGNON, Edeline et al. A new generic system for the pantropical *Caesalpinia* group (Leguminosae). *PhytoKeys*, n. 71, p. 1, 2016.

GANEM, R. S. *Legislação brasileira sobre meio ambiente*. (Câmara dos Deputados: Brasília, Brazil), 2013.

GASSON, P. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, UK. *The Genus Inga: Botany*, p. 9, 1997.

GONCALVES, T. A.P. et al. A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil II-Macroscopic characterization of Cerrado species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 88, p. 1045-1054, 2016.

GONÇALVES, Thaís AP; MARCATI, Carmen R.; SCHEEL-YBERT, Rita. The effect of carbonization on wood structure of *Dalbergia violacea*, *Stryphnodendron polyphyllum*, *Tapirira guianensis*, *Vochysia tucanorum*, and *Pouteria torta* from the Brazilian cerrado. *Iawa Journal*, v. 33, n. 1, p. 73-90, 2012.

GONÇALVES, T. A. P.; SCHEEL-YBERT, R. Contra o carvão ilegal: estudo da anatomia da madeira pode ajudar a salvar florestas nativas. *Ciência Hoje*, v. 292, p. 74-76, 2012.

GONCALVES, T.A.P.; SCHEEL-YBERT, R. Charcoal anatomy of Brazilian species. I. *Anacardiaceae*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 88, p. 1711-1725, 2016.

HERENDEEN, Patrick S.; MILLER, Regis B. Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses. *IAWA journal*, v. 21, n. 3, p. 247-276, 2000.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Journal*, v. 10, p. 219-332, 1989.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Plano de manejo para uso múltiplo da floresta nacional do Tapirapé-Aquiri*. Brasília, 2006.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. STCP Engenharia de Projetos Ltda. *Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás: temas prioritários....* Brasília: MMA, 2017.

INFOENER. *Sistema de Informações Energéticas. Carvão vegetal no Brasil*. Disponível em: <[http://infoner.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_carvao.asp](http://infoner.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_carvao.asp)>. Acesso em: 03 fev. 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2016. *Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Legal - Projeto Degrad*. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/deggrad>. Acesso em: 15 fevereiro 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2017. *Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Legal - Projeto Degrad*. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 15 fevereiro 2018.

INSIDEWOOD 2004-onwards. *InsideWood 2004-onwards*. Available at <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>, 2004. Acessado em: Março de 2020.

- JOHANSEN, D. A. *Plant Microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1940.
- JÚNIOR, M. M. B. et al. Forestry control in the Brazilian Amazon II: charcoal anatomy of 21 species. *IAWA Journal*, v. 1, n. aop, p. 1-23, 2021.
- KOEK-NOONNAN, J.; TOPPER, S. M. C.; TER WELLE, B. J. H. The systematic wood anatomy of the Moraceae (Urticales) III. Tribe Ficeae. *IAWA Journal*, v. 5, n. 4, p. 330-334, 1984.
- LAPASHA, C. A.; WHEELER, E. A. Resin canals in *Pinus taeda*: longitudinal canal lengths and interconnections between longitudinal and radial canals. *IAWA journal*, v. 11, n. 3, p. 227-238, 1990.
- MAINIERI, C. Et al. *Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras*. 1983.
- MAINIERI, C et al. *Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras*. São Paulo: Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo, p. 241, 1983.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P.. *Fichas de características das madeiras brasileiras*. 2.ed., IPT: São paulo, 1989.
- Mainieri, C. 'Madeiras denominadas Caixeta. nº 572.' IPT: São Paulo, 1958.
- MANCHESTER, S. R.; MILLER, R. B. Tile cells and their occurrence in Malvacean fossil woods. *IAWA Bulletin*, v. 2, n. 3, p. 23-28, 1978.
- MARGUERIE, D.; HUNOT, Jean-Yves. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of archaeological science*, v. 34, n. 9, p. 1417-1433, 2007.
- MELO JÚNIOR, João Carlos Ferreira de; AMORIM, Maick Willian; SOFFIATTI, Patrícia. Comparative wood anatomy of *Ficus cestriifolia* (Moraceae) in two distinct soil conditions. *Rodriguésia*, v. 69, p. 2109-2118, 2018.
- Metcalfe C.R., Chalk L. (1950) *Anatomy of dicotyledons*. <https://archive.org/details/anatomyoftedic0033552mbp>. acessado em maio de 2022.
- METCALFE, C. R. et al. *Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses*. *Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses.*, 1950.
- MILLER, R. B. et al. *Major timber trees of Guyana: wood anatomy*. 2001.
- MILLER, R. B. *Fluorescent woods of the world. A Guide to the More Useful Woods of the World*. Forest Products Society, Madison, p. 271-305, 2007.
- DE MUÑIZ, G. I. B. et al. Comparative anatomy of wood and charcoal of *Cedrelinga catenaeformis* Ducke and *Enterolobium schomburgkii* Benth. for identification purposes. *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 94, p. 291-297, 2012.
- MW MENNEGA, A.; LANZING-VINKENBORG, M. On the wood anatomy of the tribe "Olmedieae" (Moraceae) and the position of the genus *Olmedia* R. & P. *Acta botanica neerlandica*, v. 26, n. 1, p. 1-27, 1977.
- DO NASCIMENTO, L. B. et al. Anatomical identification of commercialized wood in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 40, n. 1, p. 291-329, 2017.
- NELLEMAN, Christian et al. The environmental crime crisis: Threats to sustainable development from illegal exploitation and trade in wildlife and Forest resources. United

Nations Environment Programme (UNEP), 2014.

PAIVA, P. F. P. R. et al. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, v. 29, n. 1, p. 19-38, 2020.

PERDIGÃO, C. R. V. et al. Forestry control in the Brazilian Amazon I: wood and charcoal anatomy of three endangered species. *IAWA Journal*, v. 41, n. 4, p. 490-509, 2020.

POWO. Plants of the world online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. 2019.

PRIOR, Juliet; ALVIN, K. L. Structural changes on charring woods of *Dichrostachys* and *Salix* from southern Africa. *IAWA Journal*, v. 4, n. 4, p. 197-206, 1983.

PRIOR, Juliet; ALVIN, K. L. Structural changes on charring woods of *Dichrostachys* and *Salix* from southern Africa: the effect of moisture content. *IAWA journal*, v. 7, n. 3, p. 243-250, 1986.

PRIOR, J.; GASSON, P. Anatomical changes on charring six African hardwoods. *Iawa Journal*, v. 14, n. 1, p. 77-86, 1993.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2013) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 2.12.0. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2013. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: junho de 2022.

SANTINI JUNIOR, L. Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no estado de São Paulo-Programas São Paulo Amigo da Amazônia e Cadmadeira. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SASS, John Eugene et al. Elements of botanical microtechnique. Elements of botanical microtechnique, 1940.

SCHEEL-YBERT, R. Paleoambiente e paleoetnologia de populações sambaqueiras do sudeste do Estado do Rio de Janeiro. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 9, p. 43-59, 1999.

SCHEEL-YBERT, Rita et al. Coleções de referência e bancos de dados de estruturas vegetais: subsídios para estudos paleoecológicos e paleoetnobotânicos. *Arquivos do Museu Nacional*, v. 64, n. 3, p. 255-266, 2006.

SEMAS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Unidades de conservação, 2018. Disponível em: <<http://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 15 fevereiro 2018.

SILVA, É. F. et al. Anatomia sistemática do lenho de espécies de Fabaceae. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 19, 2014.

SOFFIATTI, Patricia et al. Wood anatomical traits of the araucaria forest, southern Brazil. *Bosque*, v. 37, n. 1, p. 21-31, 2016.

SOSEF, M. S. M., et al. Plant Resources of South-East Asia: timber trees; lesser-known timbers. Backhuys Publishers: Leiden, 1998.

STRASBURGER, E. Handbook of practical botany. New York: MacMillan Company. 1924.

WEIRS, M.S.; MELO JUNIOR, J.C.F. (2009) Respostas estruturais do xilema de *Ficus organensis* Miq. (Moraceae) sob diferentes condições edáficas de duas várzeas brejosas costeiras do Brasil meridional. Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar.

Wheeler E.A. et al. Computer-aided wood identification (North Carolina Agricultural Research Service Bulletin 474). Raleigh: North Carolina State University, 1986

WHEELER, E. A.; MANCHESTER, S. R. Review of the wood anatomy of extant Ulmaceae as context for new reports of late Eocene Ulmus woods. *Bulletin of Geosciences*, v. 82, n. 4, p. 329-342, 2007.

WHEELER, E. A. et al. Using the InsideWood web site: potentials and pitfalls. *IAWA Journal*, v. 41, n. 4, p. 412-462, 2020.

WHEELER, Elisabeth A. Inside Wood—A web resource for hardwood anatomy. *Iawa Journal*, v. 32, n. 2, p. 199-211, 2011.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C. T. Identificação macroscópica de madeiras. São Paulo: IPT, 2007.