

MORFANATOMIA FOLIAR E ANATOMIA DO LENHO DE  
TRÊS ESPÉCIES DE *FICUS* SECT. *AMERICANAE* (MORACEAE) EM  
RESTINGAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

**VIVIANE CARREIRO FELIPE**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ  
MARÇO, 2026



MORFANATOMIA FOLIAR E ANATOMIA DO LENHO DE  
TRÊS ESPÉCIES DE *FICUS* SECT. *AMERICANAE* (MORACEAE) EM  
RESTINGAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Viviane Carreiro Felipe

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Biociências e Biotecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Maura Da Cunha  
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Cardoso Pederneiras

Campos dos Goytacazes, RJ  
Março, 2026

### FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

F315

Felipe, Viviane Carreiro.

Morfanatomia foliar e anatomia do lenho de três espécies de *Ficus* sect. *Americanae* (Moraceae) em restingas do estado do Rio de Janeiro. / Viviane Carreiro Felipe. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2026.

109 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2026.

Orientadora: Maura da Cunha.

Coorientador: Leandro Cardoso Pederneiras.

1. Figueira. 2. Anatomia. 3. Sistemática. 4. Taxonomia. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 570

MORFANATOMIA FOLIAR E ANATOMIA DO LENHO DE  
TRÊS ESPÉCIES DE *FICUS* SECT. *AMERICANA*E (MORACEAE) EM  
RESTINGAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Viviane Carreiro Felipe

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Biociências e Biotecnologia.

Aprovada em 03 de março de 2026

Comissão Examinadora:

---

Dr. João Victor de Souza Castelar - UERJ (examinador)

---

Dra. Claudia Franca Barros - JBRJ (examinadora)

---

Dra. Maura Da Cunha - UENF (orientadora)

---

Dr. Leandro Cardoso Pederneiras - UFF (coorientador)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu pai, Francisco, que durante todo o seu tempo de vida foi um indivíduo singular, e à minha mãe, Terezinha, que me acolhe e ajuda constantemente. Também o dedico à minha irmã, que é um exemplo para mim.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me mostrado o caminho a seguir, concedendo-me forças, sabedoria e discernimento para chegar até aqui. Sou grata por colocar as pessoas certas em minha jornada e permitir que hoje eu possa apresentar esta dissertação de Mestrado. Este trabalho foi realizado para Sua honra e glória.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pelo fomento à pesquisa e por se constituir como um espaço fundamental de amadurecimento pessoal, profissional e acadêmico.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia (PPGGB), pelo suporte oferecido e pela contribuição do corpo docente na minha formação científica.

Ao Laboratório de Biologia Celular e Tecidual (LBCT), do Centro de Biociências e Biotecnologia (CBB), em especial à técnica Beatriz, por todo o auxílio, disponibilidade e capacitação ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À professora Maura Da Cunha, por ter aberto as portas do Laboratório de Biologia Vegetal e me acolhido de forma tão generosa. Sua postura ética, inspiradora e corajosa foi imprescindível para a concretização deste trabalho.

Ao professor Leandro, pela coorientação, especialmente no que se refere ao enfoque taxonômico do estudo, que deu origem à ideia inicial desta pesquisa.

À Dra. Fernanda, por não apenas me mostrar o “caminho das pedras”, mas por trilhá-lo comigo. Sua dedicação, zelo e comprometimento ao longo desta pesquisa evidenciam a profissional e a pessoa excepcional que você é. Tenho plena consciência de que seu auxílio ultrapassou, em muito, aquilo que lhe era formalmente atribuído.

A todos os órgãos de fomento que, direta ou indiretamente, contribuíram para a viabilização desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, João Victor Castelar e Claudia Barros, aos suplentes Laís Bezerra e Emílio Miguel, e a revisora Glaziele Campbell, por terem aceitado o convite e contribuído de forma significativa para o aprimoramento deste trabalho.

Às equipes dos locais de coleta de material botânico por tornarem possível a realização das coletas e o contato com ambientes de fauna e flora tão exuberantes.

Às parcerias firmadas durante o desenvolvimento desta pesquisa, em especial

a Rodrigo Feitoza, pelo auxílio na análise estatística; a João Victor Castelar, Diana Neres e Amanda Victorino, pelo apoio nas análises de lenho; e, novamente, a Diana Neres, Cleiton Quintanilha e Nicolly Bautz, pela disponibilidade e dedicação durante as coletas de material botânico.

À Ana Luiza da Conceição, pelos esclarecimentos referentes ao Mestrado e ao PPGBB.

À Nicolly, por ter sido a intermediária no contato inicial com a professora Maura. Foi por meio de você que tudo começou.

Aos meus demais companheiros de laboratório, que são mais do que colegas de trabalho: são meus amigos, meus *friends*, e tornaram essa trajetória muito mais significativa.

À minha base, formada por meus pais, Francisco (*in memoriam*) e Terezinha, que desde cedo me ensinaram o valor da educação, do respeito e do trabalho; ao meu padrasto, Darli, por ser o suporte da minha mãe e por estar sempre disposto a ajudar quando possível; à minha irmã, Vanessa, minha maior incentivadora ao longo dessa trajetória, por quem tenho imenso orgulho; e ao meu namorado, Jonas, por todo o carinho, risadas compartilhadas, apoio e compreensão. Sem vocês, esta jornada não teria início nem sentido. O amor de vocês foi essencial para tornar esse caminho mais leve e frutífero.

Aos meus amigos e amigas externos, em especial às minhas amigas Claudete Maia, Vanessa Rocha e Dayanne Mendes, colegas de escola que moram no meu coração, e à minha afilhada, Aryanna, uma criança incrível, por me proporcionarem momentos de distração, leveza e alegria.

Ressalto que, se fosse agradecer individualmente a todos que contribuíram para este trabalho, este texto seria muito mais extenso, e isso é algo que me deixa extremamente feliz.

Obrigada!

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz,  
e os seus planos serão bem-sucedidos.”

**Provérbios 16:3**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>15</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>27</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>27</b>
<b>METODOLOGIA GERAL.....</b>	<b>28</b>
Áreas de coleta.....	28
Seleção das espécies e indivíduos.....	30
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA E HISTOQUÍMICA FOLIAR DE</b>	
<b><i>FICUS</i> SECT. <i>AMERICANAE</i> (MORACEAE) .....</b>	<b>39</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
Coleta de material botânico .....	42
Morfoanatomia foliar .....	43
Testes Histoquímicos .....	44
Mensuração do pecíolo .....	45
Análise de dados - pecíolo .....	46
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
Descrição anatômica .....	46
Descrição histoquímica.....	59
Mensuração do pecíolo .....	63
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO LENHO DE <i>FICUS</i> SECT.</b>	
<b><i>AMERICANAE</i> (MORACEAE) .....</b>	<b>83</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>85</b>
Coleta de material botânico .....	85
Anatomia do lenho.....	86
Densidade da madeira .....	87
Análises estatísticas.....	88

<b>RESULTADOS</b> .....	<b>88</b>
Descrição anatômica .....	88
Análises estatísticas .....	95
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>99</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>104</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>106</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema ilustrativo do posicionamento taxonômico da seção <i>Americanae</i> e de algumas de suas subdivisões. Fonte: Autora.....	21
<b>Figura 2:</b> Diagramas dos cortes transversais dos pecíolos mostrando a disposição do sistema de condução, esclerênquima, colênquima e pubescência (composta de tricomas) obtidos pelo trabalho das espécies mexicanas de <i>Ficus</i> (Carvajal, 2006).23	
<b>Figura 3:</b> Esquema ilustrativo de histórico das organizações da seção <i>Americanae</i> Fonte: Autora.....	25
<b>Figura 4:</b> Vista de cima da vegetação do PNM do Mico-Leão-Dourado ( <i>Google Maps</i> , 2024). .....	29
<b>Figura 5:</b> Mapa representativo da área do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, incluindo os limites municipais (Modificado de Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade, 2008). .....	29
<b>Figura 6:</b> Localização da RPPN Fazenda Caruara no Estado do Rio de Janeiro (RJ) (Loureiro <i>et al.</i> , 2021). .....	30
<b>Figura 7:</b> Exemplos de indivíduos selecionados para a pesquisa. <b>A:</b> <i>Ficus crocata</i> . <b>B:</b> <i>Ficus clusiifolia</i> . <b>C:</b> <i>Ficus hirsuta</i> . Fonte: Autora. ....	31
<b>Figura 8:</b> Material botânico foliar coletado. <b>A:</b> <i>F. crocata</i> . <b>B:</b> <i>F. clusiifolia</i> . <b>C:</b> <i>F. hirsuta</i> .....	43
<b>Figura 9:</b> Representação esquemática da medição do contorno do pecíolo e da distância entre os feixes vasculares nas três espécies analisadas.....	46
<b>Figura 10:</b> Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície foliar de <i>F. hirsuta</i> , <i>F. clusiifolia</i> e <i>F. crocata</i> em face adaxial e abaxial .....	47
<b>Figura 11:</b> Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície foliar de <i>F. crocata</i> e <i>F. clusiifolia</i> em face adaxial. ....	48
<b>Figura 12:</b> Imagens de Microscopia Óptica em vista frontal e de cortes transversais do terço médio de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. hirsuta</i> e <i>F. crocata</i> .....	49
<b>Figura 13:</b> Imagens de Microscopia Óptica em vista frontal, de corte transversal do terço médio e de Microscopia Eletrônica de Varredura da face adaxial e abaxial de <i>F. crocata</i> , <i>F. hirsuta</i> e <i>F. clusiifolia</i> .....	50
<b>Figura 14:</b> Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais do terço médio de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	51
<b>Figura 15:</b> Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais da nervura central	

de <i>F. crocata</i> , <i>F. hirsuta</i> e <i>F. clusiifolia</i> .....	53
<b>Figura 16:</b> Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais da nervura central de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	54
<b>Figura 17:</b> Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura e Microscopia Óptica do pecíolo de <i>F. hirsuta</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. clusiifolia</i> .....	55
<b>Figura 18:</b> Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais corados com Vermelho de Rutênio, Safrablau e Azul de Toluidina do pecíolo de <i>F. hirsuta</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. clusiifolia</i> .....	57
<b>Figura 19:</b> Imagens de Microscopia Óptica de cortes longitudinais e em Microscopia Eletrônica de Varredura do pecíolo de <i>F. hirsuta</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. clusiifolia</i> .....	58
<b>Figura 20:</b> Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais do pecíolo de <i>F. hirsuta</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. clusiifolia</i> .....	59
<b>Figura 21:</b> Seções transversais do terço médio de <i>F. crocata</i> (A, D, I), <i>F. hirsuta</i> (B, E, F, J) e <i>F. clusiifolia</i> (C, G, H, K, L), submetidas a diferentes corantes e reagentes .....	60
<b>Figura 22:</b> Seções transversais da nervura central de <i>F. crocata</i> , <i>F. clusiifolia</i> e <i>F. hirsuta</i> , submetidas a diferentes corantes e reagentes .....	61
<b>Figura 23:</b> Seções transversais do pecíolo de <i>F. crocata</i> , <i>F. hirsuta</i> e <i>F. clusiifolia</i> , submetidas a diferentes corantes e reagentes .....	62
<b>Figura 24:</b> Boxplots da distância entre o contorno do pecíolo nos eixos X e Y para <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	64
<b>Figura 25:</b> Razão entre as distâncias medidas em relação ao contono do pecíolo nos eixos X e Y, e probabilidade de a razão X/Y exceder 1,3 para <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	64
<b>Figura 26:</b> Boxplots da distância entre os feixes vasculares do pecíolo nos eixos X e Y para <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	65
<b>Figura 27:</b> Razão entre as distâncias medidas entre os feixes vasculares nos eixos X e Y, e probabilidade de a razão X/Y exceder 1,3 para <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	66
<b>Figura 28:</b> Anatomia do lenho de <i>F. clusiifolia</i> em seção Transversal, Longitudinal Tangencial, Longitudinal Radial e Macerado .....	90
<b>Figura 29:</b> Anatomia do lenho de <i>F. crocata</i> em seção Transversal, Longitudinal Tangencial, Longitudinal Radial e Macerado .....	92
<b>Figura 30:</b> Anatomia do lenho de <i>F. hirsuta</i> em seção Transversal, Longitudinal	

Tangencial, Longitudinal Radial e Macerado .....	94
<b>Figura 31:</b> Frequência e padrão de agrupamento de elementos de vaso no lenho de <i>F. clusifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	95
<b>Figura 32:</b> Dimensões dos elementos de vaso no lenho de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	97
<b>Figura 33:</b> Abertura das pontoações no lenho de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	97
<b>Figura 34:</b> Dimensões das fibras no lenho de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	98
<b>Figura 35:</b> Características dos raios no lenho de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	99
<b>Figura 36:</b> Índices integrativos do lenho de <i>F. clusiifolia</i> , <i>F. crocata</i> e <i>F. hirsuta</i> .....	99

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Lista de espécies selecionadas para o estudo com os indivíduos, procedência, altura média e os números de registro na Xiloteca e no Herbário .....32
- Tabela 2:** Reagentes utilizados para testes histoquímicos, as cores de marcação para identificação dos metabólitos identificados e os autores.....44
- Tabela 3:** Histoquímica de folhas de três espécies do gênero *Ficus* .....63

## RESUMO

A classificação de *Ficus* sect. *Americanae* proposta em 2012 baseou-se predominantemente em material herborizado de espécies mexicanas, sem contemplar análises intraespecíficas, o que limita a compreensão da distribuição do grupo em subseções, séries e subséries. Diante da elevada diversidade dessa seção no Brasil e do potencial da anatomia vegetal para estudos taxonômicos e ecológicos, o presente trabalho teve como objetivo ampliar o conhecimento anatômico acerca da morfoanatomia foliar e da anatomia do lenho de *Ficus crocata* e *F. clusiifolia* e realizar a caracterização sobre esses aspectos em relação a *F. hirsuta*, que são espécies ocorrentes em áreas naturais de restinga no estado do Rio de Janeiro. O material botânico foi coletado no Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado, no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara. As amostras foliares de pecíolo, nervura central e terço médio foram analisadas por Microscopia Óptica, Microscopia Eletrônica de Varredura e testes histoquímicos, além de medições morfométricas realizadas a partir de imagens em estereomicroscópio. O lenho foi coletado por método não destrutivo, utilizando a Sonda de Pressler, e analisado qualitativa e quantitativamente em Microscopia Óptica. Os dados quantitativos foram submetidos a análises estatísticas. Os resultados evidenciaram caracteres anatômicos comuns às três espécies, como deposição expressiva de cera epicuticular na face adaxial, presença de uma ou duas camadas subepidérmicas, litocistos, estômatos anomocíticos, tricomas tectores, mesofilo heterogêneo e isobilateral, cristais prismáticos e do tipo drusa, floema medular, além de laticíferos distribuídos por toda a folha. Diferenças interespecíficas foram observadas quanto à ornamentação da cutícula, distribuição de litocistos, ocorrência de tricomas glandulares, organização do contorno da nervura central e do pecíolo e distribuição dos feixes vasculares, quantidade de camadas de colênquima e parênquima, número de floema medular, bem como a presença de fungos na superfície foliar. Os testes histoquímicos indicaram a presença de compostos ácidos e básicos, fenóis, alcaloides, lipídios, mucopolissacarídeos e polissacarídeos, sendo estes últimos os que apresentaram maior variação entre as espécies. Em relação ao lenho, observaram-se similaridades entre as espécies quanto à abertura das pontuações raio-vasculares, dimensões das fibras e raios, enquanto as variações interespecíficas envolveram frequência e agrupamento de elementos de vaso, dimensões vasculares, índices de vulnerabilidade e mesomorfia, espessura das paredes das fibras e fibras gelatinosas. *Ficus hirsuta* destacou-se por apresentar xilema mais conservativo e fibras gelatinosas, compatíveis com seu hábito hemiepífito. De modo geral, a anatomia do lenho concorda com o padrão clássico do gênero, mas revela variações associadas tanto a restrições filogenéticas quanto à plasticidade ambiental. Os resultados reforçam a necessidade de ampliação da classificação anatômica do grupo e evidenciam a importância da integração entre anatomia, ecologia e histoquímica para a compreensão taxonômica e adaptativa de *Ficus*.

**Palavras-chave:** Figueira; Anatomia; Sistemática; Taxonomia.

## ABSTRACT

The classification of *Ficus* sect. *Americanae* proposed in 2012 was predominantly based on herbarium material from Mexican species, without including intraspecific analyses, which limits the understanding of the distribution of the group into subsections, series, and subseries. Given the high diversity of this section in Brazil and the potential of plant anatomy for taxonomic and ecological studies, the present study aimed to expand the anatomical knowledge of the leaf morphoanatomy and wood anatomy of *Ficus crocata* and *F. clusiifolia*, as well as to characterize these aspects in relation to *F. hirsuta*, which are species occurring in natural restinga areas in the state of Rio de Janeiro. Botanical material was collected at Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado, Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, and Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara. Leaf samples from the petiole, midrib, and middle third were analyzed using light microscopy, scanning electron microscopy, and histochemical tests, in addition to morphometric measurements obtained from images under a stereomicroscope. Wood was collected using a non-destructive method with a Pressler increment borer and analyzed qualitatively and quantitatively using light microscopy. Quantitative data were subjected to statistical analyses. The results revealed anatomical characters common to the three species, such as expressive deposition of epicuticular wax on the adaxial surface, the presence of one or two subepidermal layers, lithocysts, anomocytic stomata, non-glandular trichomes, heterogeneous and isobilateral mesophyll, prismatic and druse crystals, medullary phloem, as well as laticifers distributed throughout the leaf. Interspecific differences were observed regarding cuticle ornamentation, lithocyst distribution, occurrence of glandular trichomes, organization of the contour of the midrib and petiole, distribution of vascular bundles, number of collenchyma and parenchyma layers, number of medullary phloem, as well as the presence of fungi on the leaf surface. Histochemical tests indicated the presence of acidic and basic compounds, phenolics, alkaloids, lipids, mucopolysaccharides, and polysaccharides, the latter showing the greatest variation among species. Regarding wood, similarities were observed among species in terms of the aperture of ray–vessel pits and the dimensions of fibers and rays, whereas interspecific variations involved frequency and grouping of vessel elements, vessel dimensions, vulnerability and mesomorphy indices, thickness of fiber walls, and gelatinous fibers. *Ficus hirsuta* stood out for presenting a more conservative xylem and gelatinous fibers, consistent with its hemiepiphytic habit. Overall, wood anatomy agrees with the classical pattern of the genus, but reveals variations associated with both phylogenetic constraints and environmental plasticity. The results reinforce the need to expand the anatomical classification of the group and highlight the importance of integrating anatomy, ecology, and histochemistry for the taxonomic and adaptive understanding of *Ficus*.

**Keywords:** Fig tree; Anatomy; Systematics; Taxonomy.

## INTRODUÇÃO GERAL

A delimitação de grupos de espécies baseia-se na integração de diferentes linhas de evidência, especialmente morfológicas, anatômicas, moleculares e químicas, constituindo uma abordagem amplamente reconhecida na taxonomia contemporânea (Abdelfattah, 2024; Francisco *et al.*, 2018). Nesse contexto, caracteres morfológicos e anatômicos de órgãos vegetativos têm sido amplamente empregados na delimitação taxonômica de espécies e grupos infragenéricos (Esau, 1977; Metcalfe e Chalk, 1950; Dickison, 2000).

Os caracteres morfológicos constituem historicamente a principal fonte de dados para a identificação de indivíduos e a delimitação de táxons, em função da relativa facilidade de observação e comparação, auxiliada pelo desenvolvimento de técnicas e ferramentas ópticas, como o estereomicroscópio (Francisco *et al.*, 2018). Nesse contexto, estruturas como os tricomas representam caracteres com valor taxonômico, justamente por apresentarem ampla diversidade estrutural, sendo analisados sob enfoque morfológico e anatômico, podendo contribuir para a distinção de grupos vegetais (Qiu, 2023; Sosnovsky, 2015). As evidências anatômicas, relacionadas à organização dos tecidos e tipos celulares, como a disposição dos feixes vasculares no pecíolo, também possuem reconhecido valor taxonômico, sendo frequentemente analisadas de forma complementar aos caracteres morfológicos na delimitação de táxons, inclusive em níveis como o de gênero (Francisco *et al.*, 2018; Matos, 2021), consolidando sua relevância histórica e científica (Carvajal e Shabes, 2006).

Estudos químicos, como a identificação de metabólitos secundários, também desempenham papel relevante, uma vez que determinados compostos são característicos de grupos botânicos específicos (Amin e Park, 2025; Francisco *et al.*, 2018). Por exemplo, os alcaloides atuam como marcadores taxonômicos fundamentais no gênero *Psychotria* da família Rubiaceae (Lopes *et al.*, 2004; Taylor, 1889, 1996). Além disso, os glicosídeos iridoides na família Oleaceae são considerados importantes caracteres quimiotaxonômicos para a distinção de tribos, por meio da análise de sua distribuição e das rotas biossintéticas, que vão ao encontro de outras evidências, como o sequenciamento de DNA (Jensen *et al.*, 2002). Dessa forma, a integração de diferentes tipos de evidência é fundamental para classificações taxonômicas mais precisas e consistentes (Olabamiji, 2025).

Nesse contexto, a anatomia do lenho é considerada uma abordagem consolidada na Botânica, sendo também amplamente utilizada em estudos de identificação, sistemática e filogenia vegetal. Caracteres do xilema secundário, como a organização dos raios e do parênquima axial, apresentam relativa estabilidade ao longo do desenvolvimento e menor influência direta de fatores ambientais imediatos, o que os torna particularmente úteis na delimitação taxonômica, inclusive em grupos com elevada plasticidade morfológica externa (Baas *et al.*, 2000; Dickison, 2000; Metcalfe e Chalk, 1950; Rodríguez *et al.* 2016).

Por outro lado, características que apresentam variabilidade intraespecífica refletem a singularidade estrutural de cada espécie (Baas *et al.*, 2000; Dickison, 2000; Metcalfe e Chalk, 1950; Rodríguez *et al.* 2016). Nesse contexto, a integração de informações morfológicas e foliares e dados anatômicos do lenho tem se mostrado uma abordagem promissora para o refinamento de classificações e para o avanço do conhecimento acerca da anatomia em diferentes grupos (Ramanantsialonina *et al.*, 2024; Rodríguez *et al.*, 2016; Samoesak e Srinual, 2020).

Trabalhos como os de Metcalfe e Chalk (1950) e Dickison (2000) demonstram que a identificação e a delimitação de grupos taxonômicos podem ser realizadas mesmo a partir de fragmentos vegetativos, especialmente quando a observação morfológica externa é limitada, como em material herborizado ou estéril. Nesses casos, caracteres anatômicos de órgãos vegetativos fornecem informações diagnósticas relevantes, permitindo reconhecer afinidades entre espécies e inferir relações em níveis taxonômicos mais elevados, bem como distinguir e delimitar grupos com maior segurança (Castellanos-Ramírez *et al.*, 2023; Esau, 1977; Metcalfe e Chalk, 1950).

Dessa forma, o conjunto de evidências anatômicas e morfológicas torna-se altamente relevante para a delimitação de grandes grupos e de suas subdivisões taxonômicas, como no caso do gênero *Ficus*, pertencente à família Moraceae (Francisco *et al.*, 2018). De modo geral, o uso de caracteres anatômicos no gênero apresenta ampla relevância taxonômica e sistemática em níveis infragenéricos, como subgêneros, séries e subséries, bem como na distinção de espécies (Berg e Corner, 2005; Van Greuning *et al.*, 1984). Além disso, a análise integrada de diferentes tipos de evidência permite o estabelecimento de relações evolutivas mais robustas, seja para corrigir inferências equivocadas baseadas exclusivamente em caracteres

morfológicos, seja para embasar estudos recentes que se beneficiam do avanço e da diversificação das tecnologias aplicadas à sistemática e à filogenia vegetal (Francisco *et al.*, 2018).

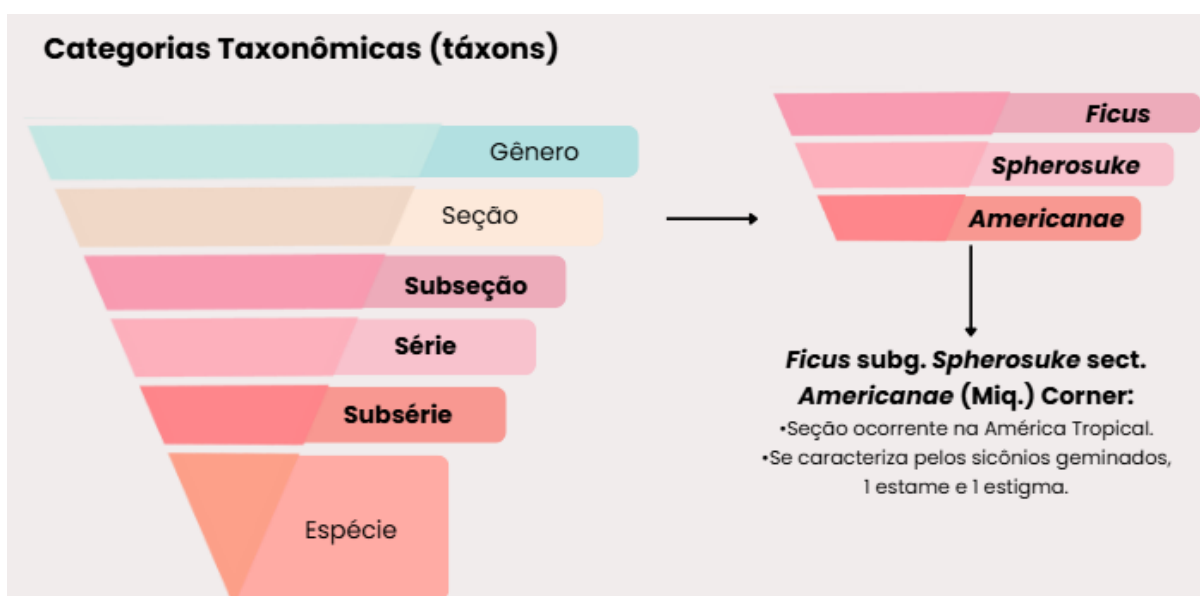
A família Moraceae reúne espécies de grande importância ecológica e econômica, sendo *Ficus* seu maior gênero, com representantes amplamente conhecidos, como *Ficus carica*, produtora de figos comestíveis (Berg e Corner, 2005). Apesar da diversidade de espécies que compõem essa família, ainda são relativamente escassos os estudos que integram evidências morfológicas, anatômicas e químicas com enfoque taxonômico, especialmente em níveis infragenéricos (Berg e Corner, 2005; Chantarasuwan *et al.*, 2014; Binnoubah *et al.*, 2023).

O gênero *Ficus* inclui grupos de espécies conhecidos popularmente pelos figos, figueiras, mata-paus, apuís e sicômoros. Esse gênero é reconhecido por árvores, arbustos ou trepadeiras, terrestres ou hemiepífitas, frequentemente com raízes adventícias que tocam o chão e se desenvolvem em espessura (Berg e Corner, 2005, Pederneiras *et al.*, 2015). A inflorescência é em capítulo côncavo, urceolado, denominada sicônio (ou “figo”), com uma abertura apical (ostíolo) e pronunciada protoginia. As flores possuem tépalas livres ou conatas, com 1-2 estames e 1-2 estigmas. O referido gênero está distribuído nos trópicos de todo o mundo, com cerca de 750 espécies, seis subgêneros, 19 seções e diversos outros táxons infragenéricos (Berg e Corner, 2005; Pederneiras *et al.*, 2015). Dentre as principais características que definem os subgêneros, em grande parte relacionada às estruturas reprodutivas e as análises morfológicas, estão a presença de sicônios monoicos (*Pharmacosycea* (Miq.) Miq., *Spherosuke* Raf.), monoicos ou ginodioicos (*Sycomorus* (Gasp.) Miq.) ou somente ginodioicos (*Ficus*, *Synoecia* (Miq.) Miq. e *Terega* Raf.) e o hábito arbóreo ou arbustivo (*Pharmacosycea*, *Ficus* e *Sycomorus*), de trepadeira de raízes (*Synoecia* e *Terega*) ou hemiepífita (*Spherosuke*) (Berg, 2003). No entanto, caracteres morfoanotômicos de estruturas vegetativas, como folha e lenho, podem contribuir ainda mais nas definições taxonômicas.

As primeiras organizações do gênero *Ficus* foram propostas por Gasparrini (1844) e Miquel (1847), mas foi Corner (1960) que estruturou a base da classificação atual e consolidou diversos subgêneros, seções, subseções, séries e subséries. Mais recentemente Berg e Corner (2005) e Pederneiras *et al.* (2015) dividiram o gênero

*Ficus* em seis subgêneros e 19 seções segundo dados morfológicos. Já o estudo de Carvajal e Shabes (2006) chama atenção por apontar características anatômicas como inclusões (cristais, células com pigmentos) e tecido mecânico (esclerênquima e colênquima) como caracteres relevantes para definir de forma mais assertiva se uma dada espécie é classificada dentro de duas subdivisões do gênero *Ficus*, o subgênero *Pharmacosycea* e *Spherosuke*.

Dentro do subgênero *Spherosuke*, o qual é composto por cerca de 280 espécies (Berg, 2003), a seção *Americanae* é reconhecida como um grupo monofilético ocorrente na América Tropical (Gardner *et al.*, 2023) e se caracteriza pelos sicônios geminados, 1 estame e 1 estigma (Figura 1) (Corner, 1960; DeWolf, 1960). Tal seção é composta por mais de 100 espécies (Berg e Villavicencio, 2004).



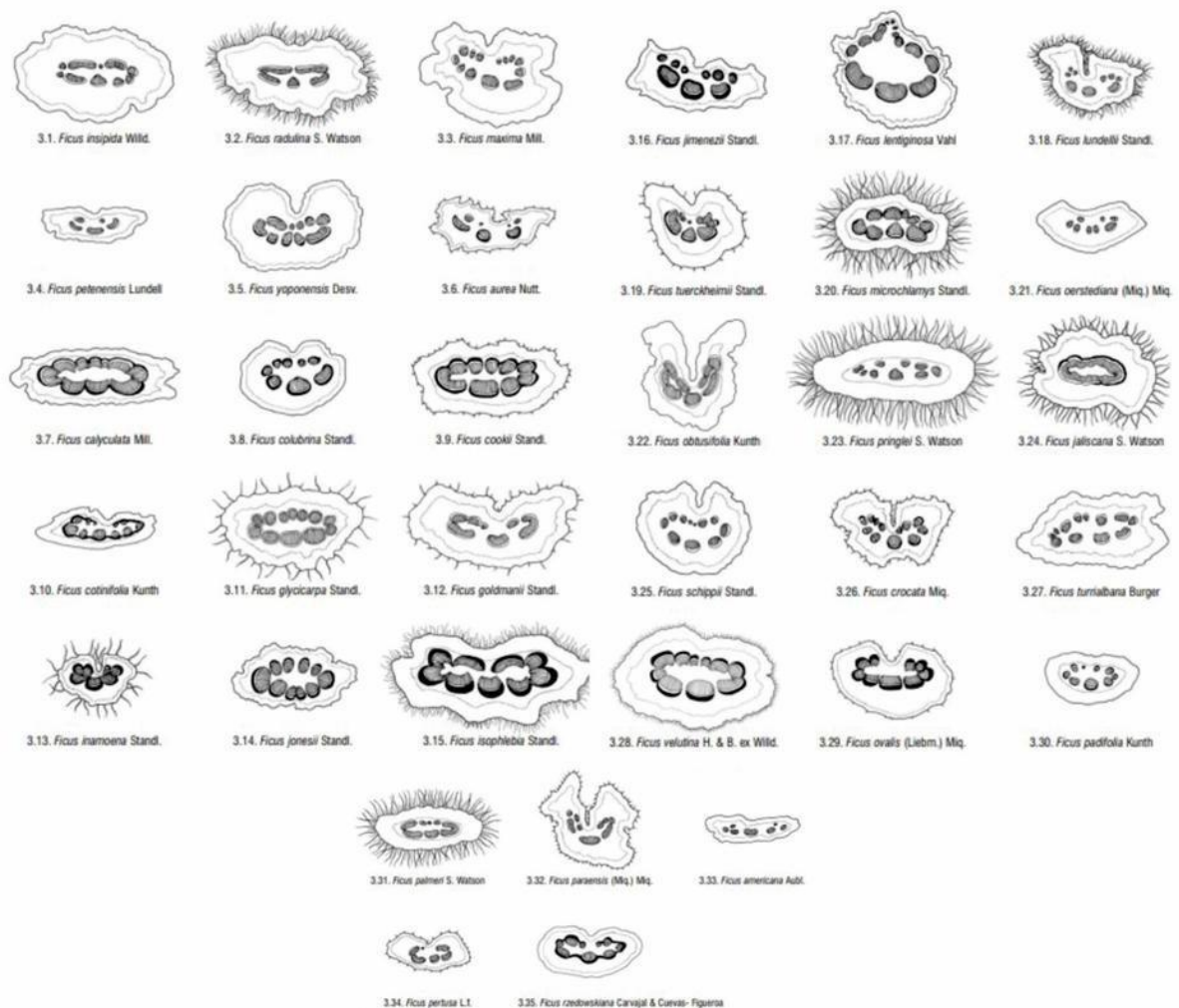
**Figura 1:** Esquema ilustrativo do posicionamento taxonômico da seção *Americanae* e de algumas de suas subdivisões. Fonte: Autora.

De forma geral, as espécies de *Ficus* sect. *Americanae* vinham sendo tratadas como “complexos” de espécies (Berg e Simonis, 1981; Berg, 2007) pelas dificuldades de interpretação causadas pela falta de um trabalho de revisão taxonômica da seção. *Ficus* sect. *Americanae* somente foi tratada em floras regionais que compartimentalizam e restringem o conhecimento (p. ex., Carauta 1989, Berg *et al.*, 1986). Com isso, Berg e Simonis (1981) criaram seis complexos, uma vez que os conjuntos de espécies apresentam difícil delimitação taxonômica por serem muito semelhantes entre si (*Ficus americana*, *F. aurea*, *F. citrifolia*, *F. pertusa*, *F. obtusifolia*

e *F. trigonata*), depois Berg e Villavicencio (2004) criaram mais quatro (*F. crocata*, *F. nymphaeifolia*, *F. casapiensis* e *F. cestrifolia*) e mais tarde Berg (2007) reorganizou em somente seis (*F. americana*, *F. aurea*, *F. citrifolia*, *F. pertusa*, *F. obtusifolia* e *F. trigonata*).

Carvajal e Shabes (2006) estudaram 35 espécies dessa seção ocorrentes no México e separaram-nas em duas subseções de acordo com o formato do feixe vascular do pecíolo. Na subseção *Aztekae* são as espécies em que o feixe vascular do pecíolo ocorre em forma de anel, e na subseção *Villaregales*, em forma de arco. Nesse ínterim, somando essa característica anatômica chave a outras observadas, tais como características inerentes aos tricomas e a forma do contorno do pecíolo, foi elaborada uma chave dicotômica para determinar as espécies estudadas (Figura 2).

Entretanto, alguns parâmetros utilizados para a classificação das espécies não são claros e, portanto, são inexatos, não sendo facilmente replicáveis. Um exemplo disso é a falta de descrição da região amostrada do pecíolo (proximal, mediana ou distal), que não deixa claro se houve essa padronização em relação as amostras, além de dificultar a replicação das análises. Além disso, a definição do arranjo vascular do pecíolo é vaga, como, por exemplo, é descrito como “em forma de anel”, no qual “os feixes fibrovasculares (numerosos ou não), quando livres, não apresentam entre si uma distância significativa” (Carvajal e Shabes, 2006, p. 50). Dessa forma, o sistema de classificação proposto carece da explicitação de critérios quantitativos ou comparativos objetivos que permitam definir o que seria considerado uma “distância significativa” entre os feixes, dentre diversas outras características, o que dificulta a aplicação consistente desse caráter por diferentes pesquisadores e compromete sua reprodutibilidade como critério diagnóstico.



**Figura 2:** Diagramas dos cortes transversais dos pecíolos mostrando a disposição do sistema de condução, esclerênquima, colênquima e pubescência (composta de tricomas) obtidos pelo trabalho das espécies mexicanas de *Ficus* (Carvajal e Shabes, 2006).

O contorno de órgãos vegetais em corte transversal, como estruturas foliares (pecíolo e nervura central), ainda é pouco explorado sob o ponto de vista taxonômico para a distinção de espécies (Judd *et al.*, 1999), embora já tenha sido abordado em alguns estudos (Metcalf e Chalk, 1950, 1979). O uso específico do contorno da nervura central é ainda menos recorrente; contudo, pesquisas recentes indicam sua viabilidade como caráter de valor taxonômico, como demonstrado para as famílias Oleaceae e Malpighiaceae (Kolb *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2021).

Mantovani *et al.* (2009) destacam que esse caráter também pode ser aplicado à família Araceae, ressaltando, entretanto, a necessidade de cuidados quanto à região amostrada, uma vez que podem ocorrer variações ao longo do comprimento da nervura. Segundo os autores, a compreensão dessas variações é relevante para

a distinção entre espécies, pois tais dados são complementares e enriquecem as análises taxonômicas.

Carvajal (2012) deu prosseguimento ao estudo de Carvajal e Shabes (2006) levantando mais dados distintivos, tendo como base 32 das 35 espécies analisadas em 2005, e refinou a classificação proposta criando seis séries, sendo duas da subseção *Aztekae* (*Petiolares* e *Glycicarpae*) e quatro da subseção *Villaregales* (*Aureae*, *Cotinifoliae*, *Obtusifoliae* e *Paraenses*). Além disso, propôs 15 subséries, sendo três pertencentes à série *Petiolares* (*Calyculatae*, *Jaliscanae* e *Lentiginosae*), duas à série *Glycicarpae* (*Velutinae* e *Glabrae*), duas à série *Aureae* (*Tecolutenses* e *Rigidulae*), três à série *Obtusifoliae* (*Obtusifoliae*, *Guadalajaranae* e *Ovales*), duas à série *Cotinifoliae* (*Cotinifoliae* e *Jacquelinanae*) e três à série *Paraenses* (*Citrifoliae*, *Pertusae* e *Padifoliae*). No entanto, o estudo foi delimitado a um país, sendo realizado principalmente com material herborizado, e necessita ser ampliado em todo o Neotrópico, no qual podem ser encontradas todas as espécies da seção *Americanae* (Berg, 1989), dentre as quais, aproximadamente 70 estão presentes no Brasil, principalmente na Amazônia, no Cerrado e na Mata Atlântica (BFG, 2015). Além disso, o uso exclusivo de material herborizado fornece limitações, uma vez que determinados tecidos podem estar incompletos, colapsados ou pouco representativos, especialmente em ramos muito jovens (Esau, 1977; Metcalfe e Chalk, 1950).

Para solucionar antigos problemas taxonômicos da seção *Americanae*, duas novas séries foram propostas (Pederneiras *et al.* 2023a,b). A série *Ficus* ser. *Kinuppilii* inclui nove espécies, 50 sinônimos, sendo caracterizada pela presença de braquiblastos nos ramos foliares. Já a série *Ficus* ser. *Dugandii* abrange 15 espécies, 50 sinônimos, distinguindo-se pela presença de ostíolo com parede elevada externamente, formando um anel circular ou triangular. Com isso, oito espécies foram reestabelecidas, as quais anteriormente tratadas como sinônimos ou subespécies. Contudo, ambas pesquisas focaram no estudo morfológico e não classificaram os grupos dentro das subseções do sistema de Carvajal (2012), devido à ausência de estudos anatômicos foliares. Diante das dificuldades na delimitação taxonômica das espécies de *Ficus* sect. *Americanae*, evidencia-se a necessidade de revisão taxonômica do grupo (Figura 3).



**Figura 3:** Esquema ilustrativo de histórico das organizações da seção *Americanae*. Fonte: Autora.

A Mata Atlântica abriga elevada diversidade de espécies e ambientes, sendo considerada um dos principais centros de biodiversidade do planeta (Fonseca, 1985; Myers *et al.*, 2000; Scarano, 2002). Nesse domínio ocorrem os ecossistemas de restinga, que correspondem a ecossistemas costeiros desenvolvidos sobre solos arenosos e sob forte influência marinha, caracterizados por elevada luminosidade, ventos constantes, salinidade moderada e limitações nutricionais (Rabelo *et al.*, 2024).

Diversas espécies do gênero *Ficus* ocorrem em formações arbóreas de restingas do Sudeste brasileiro, indicando a capacidade do gênero em persistir sob tais condições (Pederneiras *et al.*, 2011). Apesar de sua relevância ecológica, as restingas têm sido submetidas a intensa pressão antrópica, resultando em sua degradação e fragmentação (Cirne e Scarano, 2001; Scarano, 2002).

Diante desse contexto ambiental, o presente estudo contemplou coletas em três áreas naturais de restinga representativas de formações associadas à Mata Atlântica costeira: o Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado, em Cabo Frio, o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, em Macaé, e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara, em São João da Barra.

Espécies do gênero *Ficus* podem ser difíceis de reconhecer, pois são, em sua

maioria, árvores de grande porte, frequentemente ultrapassando 20 m de altura, o que dificulta a coleta de material foliar e reprodutivo, geralmente utilizados na identificação taxonômica. Espécies como *Ficus castelviana* Dugand, por exemplo, foram registradas no estado do Rio de Janeiro apenas no Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado (Pederneiras *et al.*, 2011), reforçando sua importância para estudos florísticos e anatômicos, especialmente diante da inexistência de um levantamento conciso do gênero na área. De forma semelhante, tanto o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba quanto a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara carecem de inventários detalhados das espécies de *Ficus*.

Dessa maneira, esta pesquisa investiga três espécies do gênero *Ficus* encontradas em restingas das regiões Norte Fluminense e das Baixadas Litorâneas, visando expandir o conhecimento morfoanatômico foliar e anatômico do lenho disponível para *F. crocata* e *F. clusiifolia*, além de apresentar a primeira descrição desses aspectos para *F. hirsuta*. Assim, espera-se que a obtenção de dados inéditos para *F. hirsuta* contribua para ampliar o conhecimento morfoanatômico do grupo e fortalecer comparações intra-seccionais.

Tendo em vista que os trabalhos de Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) baseiam-se principalmente em material herborizado e que ainda há lacunas no conhecimento para espécies neotropicais, os dados aqui obtidos contribuem para reduzir essas limitações e fornecer subsídios adicionais para a interpretação dos limites taxonômicos dessas espécies. Nesse contexto, espera-se que os caracteres morfoanatômicos do pecíolo permitam o enquadramento das espécies nas subseções propostas por Carvajal (2012), e que seja possível analisar outras características que podem possuir valor taxonômico segundo Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) e outros estudos. Ademais, espera-se que os caracteres morfoanatômicos foliares e do lenho apresentem variação interespecífica que possa ser utilizada para subsidiar a distinção das espécies estudadas.

Além disso, busca-se a identificação dos compostos químicos presentes, com foco na caracterização de possíveis idioblastos, tricomas e outras estruturas secretoras. De forma complementar, o presente estudo incorpora a análise anatômica do lenho, ampliando o escopo da investigação e proporcionando um conjunto de dados mais abrangente e consistente.

Considerando que os ambientes de restinga apresentam condições potencialmente estressantes para as plantas, os caracteres observados são discutidos à luz da literatura, buscando distinguir atributos potencialmente diagnósticos para o grupo daqueles que podem refletir respostas adaptativas ao ambiente. Considera-se ainda que parte das variações anatômicas observadas entre as espécies esteja associada às condições microambientais das áreas de restinga.

Com isso, essa dissertação foi dividida em dois capítulos, intitulados: Capítulo 1 – Caracterização morfoanatômica e histoquímica foliar de *Ficus* sect. *Americanae* (Moraceae) e Capítulo 2 – Caracterização anatômica do lenho de *Ficus* sect. *Americanae* (Moraceae).

### **OBJETIVO GERAL**

Caracterizar a morfoanatomia foliar de *Ficus crocata*, *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta*, todas pertencentes a *F.* sect. *Americanae*, correlacionando os achados ao sistema de classificação de Carvajal (2012) e outros estudos taxonômicos, bem como descrever a anatomia do lenho dessas espécies.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar e analisar a morfoanatomia foliar das espécies selecionadas;
- Analisar estatisticamente os dados obtidos para verificar seu enquadramento no sistema de classificação proposto por Carvajal (2012);
- Indicar a alocação das espécies no sistema em questão;
- Determinar os principais grupos de compostos químicos presentes nas células do pecíolo, terço médio e nervura central;
- Analisar e descrever a anatomia do lenho das espécies selecionadas;
- Identificar potenciais características diagnósticas que possam subsidiar estudos futuros sobre o gênero em um escopo mais amplo.

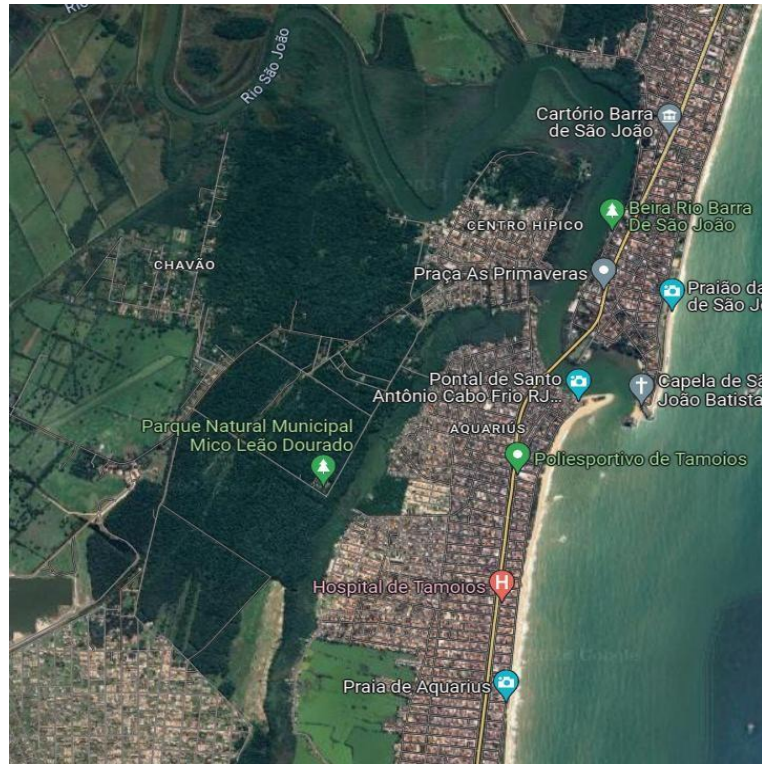
## METODOLOGIA GERAL

### *Áreas de coleta*

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da seleção e coleta de espécies em três áreas de restinga protegidas, localizadas no estado do Rio de Janeiro: o Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado (PNMMLD), o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Caruara. As três áreas são classificadas como Unidades de Conservação (UCs), nos termos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000 (Brasil, 2000). As UCs constituem espaços territoriais legalmente protegidos, instituídos pelo poder público ou por iniciativa privada, com o objetivo de conservar a biodiversidade, os recursos naturais e os processos ecológicos, assegurando, conforme a categoria, diferentes graus de proteção e uso sustentável (Brasil, 2000).

A partir da consulta a pesquisas anteriores, realizou-se a seleção dessas três áreas de coleta. Estudos como os de Pederneiras *et al.* (2011), que registraram a ocorrência de 12 espécies do gênero no Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado, e de Pederneiras *et al.* (2010), conduzidos no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, que relataram a ocorrência de seis espécies do gênero *Ficus*, contribuíram para essa definição. Além disso, foram realizadas consultas ao herbário virtual *speciesLink* e ao Plano de Manejo elaborado pela IPF Soluções Florestais (2014), que indicam a ocorrência de três ou mais espécies do gênero na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara.

O Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado – categoria de Proteção Integral, criada pelo poder público municipal (Figura 4) ocupa uma área de cerca de 15 mil km<sup>2</sup>, situa-se em Tamoios (2º distrito de Cabo Frio) e foi criado pelo Decreto nº 2.041, de 27 de março de 1997, regulamentado pelo Decreto nº 3.491, de 5 de junho de 2006 (Primo e Völcker, 2003; Moura, 2010). A vegetação é característica de Mata Atlântica e abrange um dos últimos remanescentes de Restinga Arbórea do interior do estado (Primo e Völcker, 2003). Por sua vez, o parque passou a fazer parte da Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João, tendo sido criada por meio do Decreto Federal s/nº, de 27 de junho de 2002 (Primo e Völcker, 2003; Moura, 2010).



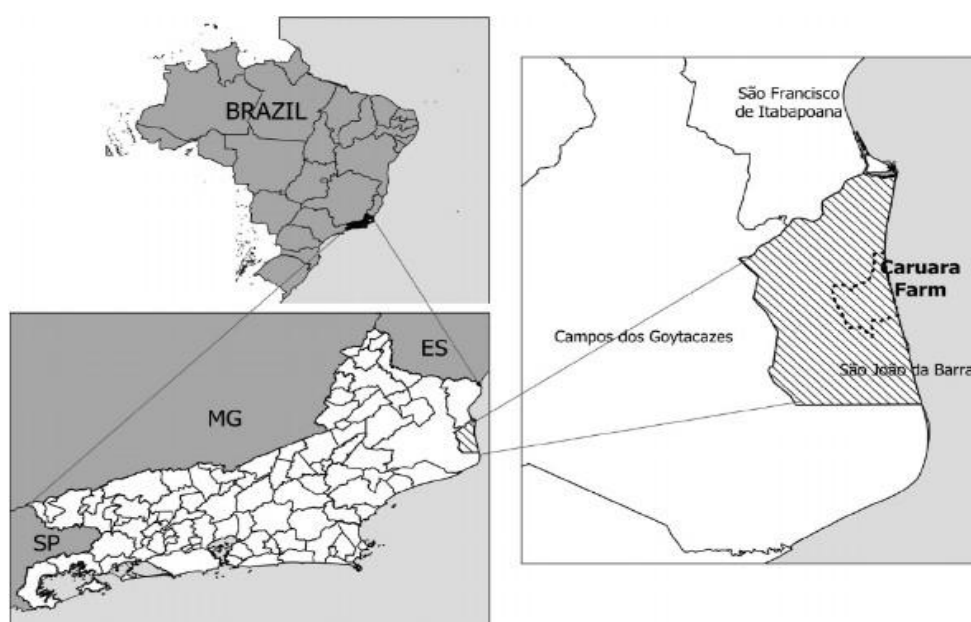
**Figura 4:** Vista de cima da vegetação do PNM do Mico-Leão-Dourado (Google Maps, 2024).

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba – categoria de Proteção Integral, sob gestão federal (ICMBio) (Figura 5) foi criado em 1998, englobando parte da Mata Atlântica, onde estão inseridos ecossistemas como o de restinga. A Mata Atlântica foi reconhecida como Reserva da Biosfera pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) no ano de 1991 (Vainer, 2010). Situa-se no nordeste do estado do Rio de Janeiro (Vainer, 2010). Sendo a primeira a focar na conservação de restinga e a maior área de preservação desse ecossistema do Brasil, distribuída nos municípios de Quissamã, em maior parte, seguido de Carapebus e Macaé. Possui cerca de 44 km de praias e 149 km<sup>2</sup> no total (Vainer, 2010). O material coletado para a realização da presente pesquisa foi coletado em Macaé.



**Figura 5:** Mapa representativo da área do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, incluindo os limites municipais (Modificado de Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade, 2008).

A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Caruara – categoria de Uso Sustentável, criada por iniciativa privada, com reconhecimento oficial (Figura 6), por sua vez, é o maior fragmento de restinga Complexo Lagunar de Grussaí/Iquipari (CLGI), em São João da Barra, e corresponde a maior área de conservação de restinga privada do estado e uma das maiores do Brasil, possuindo extensão territorial de cerca de 3.845 mil hectares (Plano de Manejo RPPN Caruara – São João da Barra/RJ, 2017; Brazil Flora Group, 2018; Flora do Brasil, 2020).



**Figura 6:** Localização da RPPN Fazenda Caruara no Estado do Rio de Janeiro (RJ) (Loureiro *et al.*, 2022).

#### *Seleção das espécies e indivíduos*

Com base em pesquisas previamente realizadas nas áreas de estudo, como Pederneiras *et al.* (2011) e Pederneiras *et al.* (2010), bem como em consultas ao herbário virtual da *speciesLink network* e ao Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara, elaborado pela IPF Soluções Florestais (2014), foi possível obter uma visão geral das espécies do gênero *Ficus* com potencial ocorrência nos locais de coleta. Registros anteriores indicaram a presença de *Ficus clusiifolia* no Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado e no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba; *Ficus crocata* no Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado e na RPPN Fazenda Caruara; e *Ficus hirsuta* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e na RPPN Fazenda Caruara. Dessa forma, essas espécies

já se encontravam entre as potenciais candidatas para a inclusão no presente estudo.

Embora, ao longo das visitas realizadas nas três áreas, tenhamos reconhecido ao todo oito espécies do gênero, parte delas apresentou número amostral reduzido ou indivíduos em estágios ontogenéticos muito jovens, que não atenderam aos critérios estabelecidos para este estudo, sobretudo no que se refere à coleta de material lenhoso. Ainda assim, esse é um fator que torna essas áreas relevantes para a realização de estudos futuros do gênero.

A definição final das espécies para a pesquisa ocorreu após a confirmação da presença de pelo menos três indivíduos de cada espécie em condições adequadas para coleta em qualquer uma das áreas de estudo. Esse é o quantitativo mínimo empregado em estudos de descrição anatômica do lenho, contemplando tanto caracteres qualitativos quanto quantitativos, conforme exemplificado por Silva *et al.* (2022).

Nesse ínterim, selecionamos as espécies *F. clusiifolia* Schott e *F. hirsuta* Schott, que são endêmicas do Brasil (Pederneiras *et al.*, 2011) e *Ficus crocata* (Miq.) Miq., que é nativa do Brasil e de outras áreas ao sul da América Tropical, incluindo o México (Bernal *et al.*, 2015; Greennation, 2026).



**Figura 7:** Exemplos de indivíduos selecionados para a pesquisa (asteriscos). **A:** *Ficus crocata*. **B:** *Ficus clusiifolia*. **C:** *Ficus hirsuta*. Fonte: Autora.

Indivíduos maduros e de aparência saudável foram selecionados, de acordo com protocolos de amostragem padrão para as análises. Como critérios para coleta de lenho para as análises anatômicas, foram escolhidos indivíduos de porte arbóreo

com caule reto, sem bifurcações e defeitos aparentes, e com DAP acima de 10 cm. Foram escolhidos três indivíduos de cada uma das três espécies, dos quais foram coletadas as amostras para análises foliares e do lenho. Esses indivíduos foram marcados individualmente, georreferenciados por GPS e amostras testemunhas foram depositadas no Herbário da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (HUENF), além de amostras do xilema serem depositados no acervo da Xiloteca Doutora Cecília Gonçalves Costa, da UENF (Tabela 1).

**Tabela 1:** Lista de espécies selecionadas para o estudo com os indivíduos, procedência, altura média e os números de registro na Xiloteca e no Herbário.

<b>Espécie</b>	<b>ID do Indivíduo</b>	<b>Procedência</b>	<b>Altura Média</b>	<b>Nº. do registro</b>
<b>Ficus crocata</b> <b>(Miq.) Miq.</b>	3	PNMMLD*	4,0 m	HUENF – 15058 Xiloteca – 1044
	15	Jurubatiba	2,5 m	HUENF – 14594 Xiloteca – 1041
	18	Jurubatiba	12,0 m	HUENF – 14597 Xiloteca – 1043
<b>F. clusiifolia</b> <b>Schott</b>	6	PNMMLD	17,0 m	HUENF – 15057 Xiloteca – 1047
	14	PNMMLD	15,0 m	HUENF – 15059 Xiloteca – 1070
	16	Jurubatiba	15,0 m	HUENF – 14595 Xiloteca – 1046
<b>F. hirsuta</b> <b>Schott</b>	19	Caruara	2,5 m	HUENF – 14755 Xiloteca – 1096
	20	Caruara	4,0 m	HUENF – 14756 Xiloteca – 1063
	21	Caruara	4,20 m	HUENF – 14757 Xiloteca – 1064

\*PNMMLD – Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelfattah, H. M. E., Hussein, H. A., Teleb, S. S. et al. (2024). Quimiotaxonomia comparada à taxonomia morfológica e anatômica de cinco espécies de *Hibiscus*.

*Journal of Plant Research*, 137:967-984. <https://doi.org/10.1007/s10265-024-01566-9>

Amin, A., Park, S. (2025). Chemotaxonomy, an efficient tool for medicinal plant identification: current trends and limitations. *Plants*, 14(14):1-24. <https://doi.org/10.3390/plants14142234>

Baas, P., Wheeler, E. A., Chase, M. W. (2000). Dicotyledonous wood anatomy and the APG system of angiosperm classification. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 134:3-17.

Berg, C. C. (1989). Classification and distribution of *Ficus*. *Experientia*, 45(7), 605-611.

Berg, C.C. (2003). Flora Malesiana precursor for the treatment of Moraceae 1: the main subdivision of *Ficus*: the subgenera. *Blumea* 48, 167–178.

Berg, C.C. (2007). Proposals for treating four species complexes in *Ficus* subgenus *Urostigma* section *Americanae* (Moraceae). *Blumea* 52: 295-312.

Berg, C.C. & Corner, E.J.H. (2005). Moraceae (*Ficus*). Pp 1--730 in: Nootboom, H.P. (ed.), *Fl. Males.*, Ser. 1, Spermat., vol. 17.

Berg, C. C., & Simonis, J. E. (1981). The *Ficus* flora of Venezuela: five species complexes discussed and two new species described.

Berg, C.C.; Vazquez-Avila, M. & Kooy, F. (1986). *Ficus* species of Brazilian Amazonia and the Guianas. *Acta Amazonica*. 14 (1/2 Suplemento):159-194.

Berg, C.C. & Villavicencio, X. (2004). Taxonomic studies on *Ficus* (Moraceae) in the West Indies, extra-Amazonian Brazil, and Bolivia. *Ilicifolia* 5: 1-177.

Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.com>

BFG – Brazil Flora Group. (2015). Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, 66(4): 1085–1113. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>

Brasil. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza* SNUC, 2000. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>

Carauta, J. P. P. 1989. *Ficus* (Moraceae) no Brasil: conservação e taxonomia.

Albertoa 2: 1 365.

Carvajal, S. (2012). Sistema para la familia Moraceae en México. *Ibugana: Boletín del Instituto de Botánica*, (3), 3-103.

Carvajal, S., Shabes, L. K. (2006). Estructura anatómica de los pecíolos de especies americanas del género *Ficus* L. (Moraceae). *Boletín IBUG*, 13(1): 49-66.

Castellanos-Ramírez, M., Rosas, U., Guzmán-Ramos, MC, & Sandoval-Zapotitla, E. (2023). Contribuição de caracteres morfoanatômicos para a taxonomia do gênero *Laelia* (Orchidaceae) no México e sua implicação na adaptação ambiental. *Plants*, 12 (5), 1089. <https://doi.org/10.3390/plants12051089>

Chantarasuwan, B., Peng, Y. Q., Baas, P., Rasplus, J. Y., van Heuven, B. J. (2014). *Ficus cornelisiana*, a new species of *Ficus* subsection *Urostigma* (Moraceae) from the Sino-Himalayan region. *Blumea – Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*. 59(1):6-9.

Cirne, P., Scarano, F. R. (2001). Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub *Andira legalis* (Leguminosae) in a sandy coastal plain in south-eastern Brazil. *Journal of Ecology*, 351-357

Corner, E.J.H. 1960. Taxonomic notes on *Ficus* Linn., Asia and Australasia. I–IV. *Gardens Bulletin Singapore* 17: 368–485.

DeWolf, G. P. 1960. Flora of Panama, Moraceae, *Ficus*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 47: 186–205.

Dickison, William C. (2000). *Integrative Plant Anatomy*. 1. ed. San Diego: Academic Press, 533 p.

Esau, K. (1977). *Anatomy of seed plants*. 2.ed. New York: John Wiley e Sons, 550p.

Flora do Brasil. (2020). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>

Fonseca, G. A. (1985). The vanishing brazilian atlantic forest. *Biological conservation*, 34(1), 17-34.

Francisco, J., Sauthier, L., Giaretta, A., Della, A., Cabral, A., Gama, A. (2018). Capítulo 11: Fundamentos de Taxonomia Vegetal. Apostila. Curso de Botânica no Inverno. São

Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2018. 275 p.

Gardner, E. M., Bruun-Lund, S., Niissalo, M., Chantarasuwan, B., Clement, W. L., Geri, C., Pederneiras, L.C. & Rønsted, N. (2023). Echoes of ancient introgression punctuate stable genomic lineages in the evolution of figs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(28), e2222035120.

Greenation. Árvore do dia: figueira-roxa (*Ficus tomentella*). Disponível em: <https://greenation.com.br/noticia/arvore-do-dia-figueira-roxa/>. Acesso em: 21 fev. 2026.

IPF Soluções Florestais. *Plano de manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara: Caderno 2*. São João da Barra: Porto do Açu, 2024. Disponível em: <https://esg.portodoacu.com.br/wp-content/uploads/2024/12/plano-de-manejo-caruara-caderno-2.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2026.

Jensen, S. R., Franzyk, H., & Wallander, E. (2002). Chemotaxonomy of the Oleaceae: iridoids as taxonomic markers. *Phytochemistry*, 60(3), 213-231.

Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (1999). Plant systematics: a phylogenetic approach. *Ecología mediterránea*, 25(2), 215.

Kolb, K. L., Gomes, S. M., & Lombardi, J. A. (2020). Leaf anatomy as a taxonomy tool for the identification of Brazilian native species of *Chionanthus* (Oleaceae). *Flora*, 266, 151590.

Lima, C. S., da Silva, A. K., Vilarinho, M. P., da Silva Sousa, L. C., da Costa Santos, J. V., Araújo, J. S. (2021). Comparative leaf anatomy in Ptilochaetoids clade (Malpighiaceae): a taxonomic and phylogenetic approach. *Research, Society and Development*. 10(5): e18410514756–e18410514756.

Lopes, S., Von Poser, G. L., Kerber, V. A., Farias, F. M., Konrath, E. L., Moreno, P., ... & Henriques, A. T. (2004). Taxonomic significance of alkaloids and iridoid glucosides in the tribe Psychotrieae (Rubiaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 32(12), 1187-1195.

Loureiro, N., de Souza, T. P., do Nascimento, D. F., & Nascimento, M. T. (2022).

Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. *Austral Ecology*, 47(2), 326-340.

Mantovani, A., Pereira, T. E., & Coelho, M. A. N. (2009). Leaf midrib outline as a diagnostic character for taxonomy in *Anthurium* section *Urospadix* subsection *Flavescentiviridia* (Araceae). *Hoehnea*, 36(2), 269-277.

Matos, R. R. (2021). *Contribuições da anatomia à taxonomia de Tetrapteryx Cav. (Malpighiaceae) e gêneros segregados*. Dissertação, 44p.

Metcalf, C. R., Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood structure in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Oxford: Clarendon Press, 1500p.

Moura, D. S. 2010. *Subsídios à implementação e manejo do Parque Natural Municipal do Mico Leão-Dourado, Cabo Frio – RJ*. Niterói: 2010. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Instituto de Geociências, Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade Federal Fluminense.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Olabamiji, S. (2025). Advances in plant taxonomy: integrating morphological, chemotaxonomic, molecular, and phylogenetic approach. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*. 11:75-90. <https://doi.org/10.4314/dujopas.v11i2c.9>

Pederneiras, L. C.; Carauta, J. P. P.; Costa, AF da. (2010). The flora of Restinga de Jurubatiba National Park, Rio de Janeiro, Brazil: Moraceae. 249-254.

Pederneiras, L. C., Costa, A. F. D., Araujo, D. S. D. D., Carauta, J. P. P. (2011). Moraceae das restingas do estado do Rio de Janeiro. *Rodriguésia*, 62: 77-92.

Pederneiras, L.C. & Romaniuc-Neto, S. (2015). Overview of infrageneric nomenclature of *Ficus*. *Taxon*, 64: 589-594.

Pederneiras, L. C., Zamengo, H. B., Plata-Castro, A. D., Romaniuc-Neto, S., Mansano, V. D. F. (2023a). *Ficus* sect. *Americanae* ser. *Kinuppii*: a ramiflorous group of Neotropical fig trees. *Brittonia*, 75(3): 249-268.

Pederneiras, L. C., Zamengo, H. B., Zapata-C, D. A., Mitidieri-Rivera, N., Romaniuc-Neto, S., Mansano, V. D. F. (2023b). *Ficus* subgen. *Spherosuke* sect. *Americanae* ser. *Dugandii* (Moraceae): A Curved Ostiolar Margin Group of Neotropical Fig Trees. *Systematic Botany*, 48(2): 263-282.

Primo, P. B. da S. & Völcker, C. M. 2003. Bacias hidrográficas dos rios São João e das Ostras. Águas, terras e conservação ambiental. Consórcio Intermunicipal para gestão das bacias hidrográficas da Região dos lagos, rio São João e Zona Costeira - CILSJ. Rio de Janeiro, 177 p.

Qiu, J., Lin, M., Tan, D. (2023). Implicações taxonômicas da morfologia foliar e da anatomia epidérmica de 14 espécies de *Gagea* (Liliaceae) de Xinjiang, China. *Bot Stud.* 64:33-44. <https://doi.org/10.1186/s40529-023-00405-9>

Rabelo, S. T. *et al.* (2024). Biogeography of restinga vegetation in Northern and Northeastern Brazil and their floristic relationships. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.

Ramanantsialonina, RN, Sandratriniana, NA, Rakouth, B., Wiemann, MC & Ravaomanalina, BH (2024) Anatomia comparativa de caules e folhas jovens de 16 espécies de *Dalbergia* (Fabaceae) de Madagascar e seu significado taxonômico. *Phytotaxa* 652 (1): 33-46.

Rodríguez, H. G., Maiti, R., & Kumari, A. (2016). Research advances on leaf and wood anatomy of woody species of a Tamaulipan thorn scrub forest and its significance in taxonomy and drought resistance. *Forest Research*, 5(3), 183-191.

Samoesak, P., & Srinual, A. (2020). Comparative leaf and wood anatomical characteristics of *Chrysophyllum* (Sapotaceae) relate to taxonomy of the species in Thailand. *Biodiversitas*, 21: 1578-1587.

Scarano, F., R. (2002). Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Annals of Botany*, 90(4), 517-524.

Silva, M. D. S., Silva, L. B. D., Santos, N. C. D., Carvalho, E. R. D., Silva, C. R. A. D., Silva, C. C. S., & Leite, K. R. B. (2022). *Madeiras da Bahia: anatomia do lenho de espécies nativas da Mata Atlântica*. Salvador: EDUFBA. 1 v. 202 p.

Sosnovsky, Yevhen. 2015. Microscopical investigation of the leaf architecture in greenhouse cultivated *Ficus* (Moraceae). *Plant Systematics and Evolution*, v. 301, p. 1669-1692.

Taylor, C. M. (1989). Revision of *Palicourea* (Rubiaceae) in Mexico and Central America. *Systematic Botany Monography*, 26:1–102.

Taylor, C. M. (1996). Overview of the *Psychotrieae* (Rubiaceae) in the Neotropics. *Opera Botanica Belgica*, p. 261-270.

Vainer, A. G. 2010. Conflitos ambientais em evidência na criação e manejo de um parque nacional: o caso do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. *Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI*. Fortaleza. Recuperado em, v. 2.

Van Greuning, J. V., Robbertse, P. J., Grobbelaar, N. (1984). The taxonomic value of leaf anatomy in the genus *Ficus*. *South African Journal of Botany*. 3(5):297–305.

Wheeler, E. A., Baas, P., Gasson, P. E. (1989). *IAWA list of microscopic features for hardwood identification*. Leiden: IAWA. v.10. p.219–332.

**CAPÍTULO 1**  
**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA E HISTOQUÍMICA FOLIAR DE**  
***FICUS* SECT. *AMERICANAE* (MORACEAE)**

## INTRODUÇÃO

A anatomia foliar tem apresentado aplicação relevante na taxonomia de Moraceae e de outras famílias, pois muitos caracteres teciduais refletem padrões evolutivos e auxiliam na delimitação de unidades taxonômicas, especialmente quando associados às análises morfológicas e outros tipos de evidências (Fatimah, 2014; Metcalfe e Chalk, 1950; Dickison, 2000).

Estudos conduzidos por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) basearam-se principalmente na análise de material herborizado de espécies do gênero *Ficus* ocorrentes no México, abrangendo mais de 30 espécies da seção *Americanae*. Um aspecto inovador desses trabalhos foi a incorporação sistemática de caracteres anatômicos foliares como ferramenta para a identificação e a delimitação taxonômica, integrando-os a caracteres morfológicos das folhas e de outras partes da planta, tradicionalmente utilizados na sistemática do gênero.

Entre os caracteres anatômicos foliares considerados por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) destacam-se a presença ou ausência de inclusões celulares, como cristais isolados, drusas e células pigmentadas, além da ocorrência de tecidos mecânicos para a distinção entre os membros dos subgêneros *Pharmacosycea* e *Spherosuke*. O arranjo dos feixes vasculares, disposto em forma de arco ou de anel, foi determinante para a subdivisão da seção *Americanae* em duas subseções, *Villaregales* e *Aztekae*, respectivamente. Adicionalmente, a forma do pecíolo em seção transversal e a presença, ausência e tipologia dos tricomas foram empregadas como critérios diagnósticos em níveis taxonômicos mais específicos, permitindo a distinção entre espécies. Em conjunto, esses caracteres evidenciam o potencial diagnóstico da anatomia foliar integrada à morfologia na sistemática infragenérica de *Ficus*. Do ponto de vista taxonômico, esses trabalhos, dentre outros, reforçam que a morfologia e o tipo de tricomas têm sido considerados caracteres relevantes para esse gênero e para a identificação de espécies da seção *Americanae*.

Características inerentes aos tricomas, tais como tipo, tamanho, número de células e localização vem sendo utilizadas para a distinção de espécies, variedades e grupos, como no gênero *Coffea* (Rubiaceae) (Metcalfe e Chalk, 1950; Nakamura *et al.* 1992). Entretanto, em função da diversidade de papéis desempenhados pelos tricomas em resposta a estresses ambientais, reconhece-se que atributos

quantitativos, como densidade e distribuição na epiderme, podem ser influenciados por condições ambientais, sendo, portanto, menos indicados para análises anatômicas de cunho taxonômico, quando comparados a caracteres qualitativos mais estáveis e geneticamente determinados, os quais apresentam maior valor diagnóstico (Xiao *et al.*, 2017).

Ademais, conforme destacado por Esau (1965) e Metcalfe e Chalk (1950, 1979), a organização do sistema vascular em órgãos foliares é altamente conservadora dentro de espécies e gêneros, o que reforça o potencial valor taxonômico e sistemático de caracteres anatômicos associados a esse sistema. Além disso, a padronização da amostragem é fundamental para a robustez dos resultados, sendo recomendável a análise de folhas em estágios semelhantes de desenvolvimento, preferencialmente totalmente expandidas, bem como a definição consistente da região analisada do pecíolo ou da nervura central (distal, mediana ou proximal) (Esau, 1965; Evert, 2006; Mantovani *et al.*, 2009).

A presença de pigmentos no pecíolo é ressaltada por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) como outro fator relevante para a taxonomia de espécies da seção *Americanae*. Nesses estudos, é dito que as espécies pertencentes ao subgênero subgênero *Sperosuke* apresentariam “pigmentos de cor vermelho, laranja e castanho distribuídos sozinhos ou em combinações de alguns deles por quase todos os tecidos”.

Apesar das contribuições de Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012), há uma necessidade evidente de ampliar e atualizar tais estudos, avaliando a variação desses caracteres foliares em um contexto distinto do mexicano, particularmente na Mata Atlântica brasileira, um dos *hotspots* de biodiversidade do globo, onde o gênero *Ficus* apresenta ampla diversidade ainda pouco estudada sob perspectiva anatômica. Sabendo que o Brasil abriga mais de 70 espécies da seção *Americanae*, essa biodiversidade rica oferece um cenário promissor para refinar tal classificação, ampliando sua categorização em subseções, séries e subséries.

*Ficus crocata* é a única dentre as três espécies selecionadas para o presente estudo que havia sido incluída no sistema classificatório de Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012), sendo encontrada em duas das áreas de coleta. Carvajal (2012) propõe que ela seja classificada na subseção *Villaregales*, por apresentar a

disposição dos feixes vasculares do pecíolo em forma de arco, na série *Obtusifoliae* e subsérie *Guadalajaranæ*, com base em características das folhas e dos sicônios. Esse sistema classificatório apresenta lacunas tanto em relação à sua abrangência quanto em relação a aspectos metodológicos.

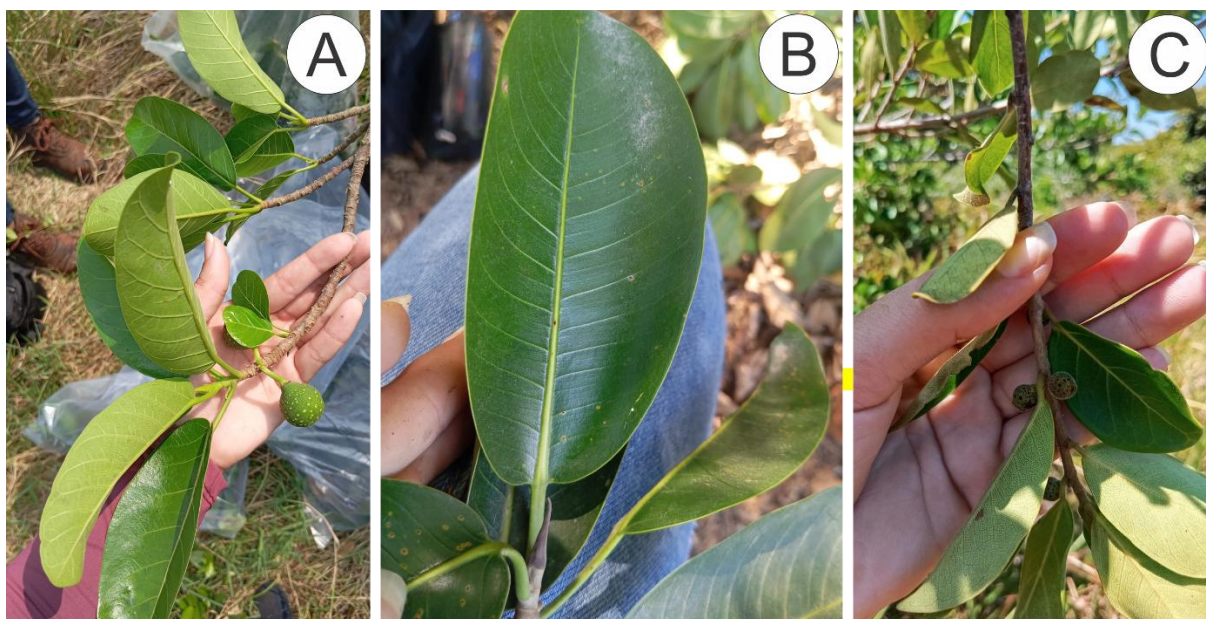
Assim, ao coletar e analisar material foliar de indivíduos de *F. crocata*, espera-se que sejam gerados dados morfoanatômicos comparáveis ao sistema proposto por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012). Além disso, espera-se que através coleta de material botânico de *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta* e sua subsequente análise, seja possível indicar a alocação dessas espécies nesse modelo classificatório em nível de subseção. Espera-se também verificar a presença de caracteres morfoanatômicos do pecíolo que, segundo esses estudos, ocorrem em espécies do subgênero *Spherosuke*. Adicionalmente, espera-se que os caracteres morfoanatômicos foliares apresentem variação interespecífica capaz de subsidiar a distinção das espécies estudadas.

Espera-se ainda testar parâmetros quantitativos já propostos na literatura para a análise do contorno do pecíolo. Além disso, espera-se que os parâmetros quantitativos empregados pela primeira vez no presente trabalho para a mensuração da distribuição dos feixes vasculares, sendo os mesmos valores de referência propostos na literatura para as mensurações do contorno, sejam úteis para subsidiar as classificações qualitativas propostas nos estudos de Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012), bem como estudos futuros. Adicionalmente, espera-se que a análise da composição química dos idioblastos foliares possa fornecer um detalhamento mais aprofundado dessas estruturas, considerando que Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) os caracterizam apenas com base na coloração *in natura*, enquanto o presente trabalho incorpora, de forma complementar, testes histoquímicos. Ademais, Carvajal (2006) analisou apenas a presença ou ausência de colênquima e esclerênquima no pecíolo. No presente estudo foi realizada a contagem das camadas de parênquima e colênquima na nervura central e no pecíolo, além da caracterização do tipo de colênquima.

## **METODOLOGIA**

### *Coleta de material botânico*

Foram selecionadas folhas totalmente expandidas do 3º ao 5º nó coletadas a partir do ápice do ramo. Foram utilizadas porções do pecíolo, nervura central e terço médio. As amostras foram fixadas, à temperatura ambiente, em uma solução aquosa contendo glutaraldeído 2,5 %, formaldeído 4,0 % e tampão cacodilato de Sódio 0,05 M em pH 7,2 por no mínimo 24 horas (Da Cunha *et al.* 2000).



**Figura 8:** Material botânico foliar coletado. **A:** *F. crocata*. **B:** *F. clusiifolia*. **C:** *F. hirsuta*.  
Fonte: Autora.

#### *Morfoanatomia foliar*

Os fragmentos de nervura central, terço médio e pecíolo foram colocados em água destilada, seccionados manualmente em plano transversal e as imagens foram obtidas em microscópio óptico (Axioplan, ZEISS, Alemanha) acoplado à câmera fotográfica digital (Moticam Pro 282B, Hong Kong). A presença de cristais foi avaliada pela birrefringência sob luz polarizada, utilizando o mesmo microscópio com lente polarizadora, e sua constituição foi testada com solução de ácido clorídrico a 9% e ácido acético glacial 100%.

A fim de garantir uma melhor observação da anatomia foliar, parte das amostras das três áreas mencionadas foram lavadas em tampão cacodilato 0,05 M pH 7,2. Posteriormente, foram desidratadas em uma série ascendente de acetona, iniciando da concentração 50% até 100%. O material foi infiltrado com Resina sintética Epon®, emblocado e seccionado em ultramicrótomo LEICA EM UC7, na espessura de 0,5 µm. Os cortes histológicos foram corados por Azul de Toluidina (O'Brien *et al.*, 1964), montados em Entellan® e observados sob microscopia de luz. A análise foi realizada com o auxílio do mesmo microscópio óptico citado anteriormente.

Para melhor observação da epiderme e definição do tipo de estômatos, os fragmentos foliares foram submetidos à dissociação pela solução de Franklin (modificado de Costa, 2010). Os fragmentos foram colocados na solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial numa proporção de 1:1, e foram deixados em estufa a 60 °C por aproximadamente 48 horas até atingirem uma coloração transparente. Em seguida, os fragmentos foram lavados em água destilada. Com auxílio de estereomicroscópio as epidermes foram separadas e esse material foi corado com fucsina aquosa 0,05 % e safranina aquosa 1%. Assim, foram montadas lâminas semipermanentes e o material foi analisado em microscópio óptico.

Para observação da superfície das estruturas foliares, o material fixado foi lavado em tampão cacodilato 0,05 M pH 7,2 e desidratado em série alcoólica ascendente, iniciando na concentração de 50% até 100%. Em seguida, as amostras foram secas pelo método do ponto crítico utilizando o aparelho LEICA EM CPD300. Após esta etapa, os fragmentos foram colocados em fita adesiva de carbono e cola de prata em suportes adequados. As amostras foram cobertas com uma fina camada de ouro, de aproximadamente 20 nm, utilizando o metalizador Bal-Tec – SCD050. As observações e as imagens foram feitas em microscópios eletrônicos de varredura (EVO 40, ZEISS, Alemanha e JSM-IT210, JEOL, Japão), a uma aceleração de voltagem variando até 25 kV.

### *Testes Histoquímicos*

Para a detecção de compostos do metabolismo primário e secundário dos tecidos vegetais presentes na lâmina foliar e pecíolo, foram realizados testes histoquímicos a partir de cortes transversais à mão livre dos materiais fixados em fixador de rotina descrito acima. Secções transversais não expostas a reagentes específicos foram utilizadas como branco, e os reagentes histoquímicos utilizados estão expostos na Tabela 2. As amostras foram observadas em um microscópio óptico (Axioplan, ZEISS, Alemanha).

**Tabela 2:** Reagentes utilizados para testes histoquímicos, as cores de marcação para identificação dos metabólitos identificados e os autores.

Reagentes	Metabólitos	Cores/Marcação positiva	Autores
Cloreto Férrico	Fenóis simples	Verde intenso, púrpura, azul ou negro	Johansen (1940)

---

Reagente de Dragendorff	Alcaloides	Castanho-avermelhado	Svendsen e Verpoorte (1983)
Sudan IV	Lipídios totais	Vermelho ou vermelho alaranjado	Pearse (1980)
Vermelho de Rutênio	Pectinas	Rosa	Johansen (1940)
Reagente de Schiff	Polissacarídeos	Magenta	O'Brien e McCully (1981)
Azul de Astra e Safranina (Safrablau)	Compostos ácidos e básicos	Azul e Vermelho	Bukatsch (1972) modificado
Azul de toluidina	Compostos ácidos e básicos	Azul ou azul-esverdeado	O'Brien <i>et al.</i> (1964)

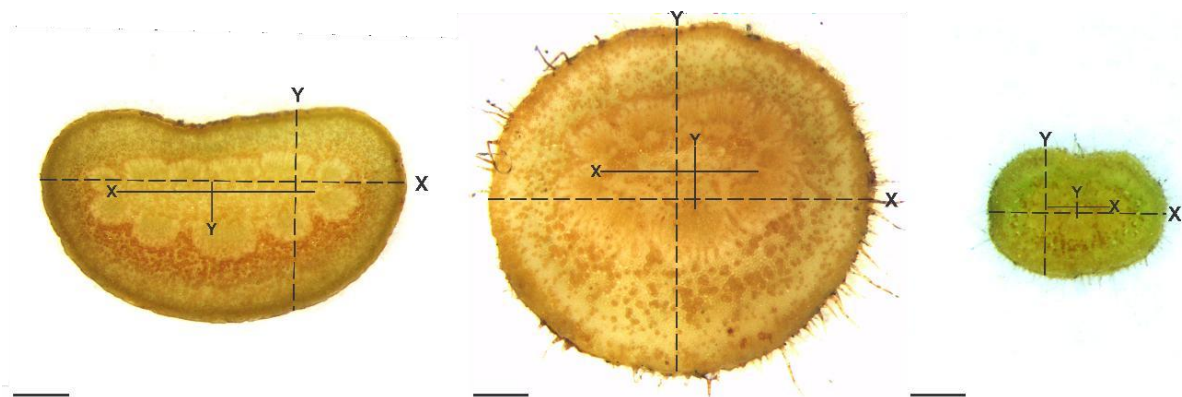
---

### *Mensuração do pecíolo*

Fragmentos da região mediana do pecíolo de cada indivíduo foram seccionados manualmente, totalizando 60 cortes por indivíduo selecionado para a pesquisa e 180 imagens por espécie. As imagens desses cortes foram obtidas em estereomicroscópio (Stemi SV 11, ZEISS, Alemanha) acoplado à câmera fotográfica digital (TA-0120-B, Opton). Posteriormente, procedeu-se à mensuração dos eixos X (largura) e Y (comprimento) do contorno do pecíolo (conforme o esquema da Figura 9), bem como da distância entre os feixes vasculares do pecíolo em todas as imagens utilizando o software Image Pro Plus.

A classificação do contorno do pecíolo baseou-se na diferença entre as medidas dos eixos X e Y (Figura 9), sendo considerado oval quando essa razão foi  $\geq$  que 1,3 e circular quando  $\leq$  que 1,0, semelhante ao que foi proposto por Coelho (2013).

A classificação dos feixes vasculares em arco ou anel foi realizada de acordo com as descrições apresentadas por Hare (1944) e Carvajal e Shabes (2006) com algumas modificações, assim como com os resultados decorrentes das análises estatísticas (Figura 9). Foram classificados em arco, os feixes distribuídos como ferradura, normalmente massivos e, principalmente, com lacuna voltada para face adaxial que pode conter floema medular ou apenas parênquima. Já em anel, foram classificados os feixes vasculares distribuídos em círculo, normalmente equidistantes, não massivos e, principalmente, sem lacuna voltada para face adaxial.



**Figura 9:** Representação esquemática da medição do contorno do pecíolo (linha tracejada) e da distância entre os feixes vasculares (linha contínua) nas três espécies analisadas. Os eixos X (horizontal) e Y (vertical) utilizados como referência para a medição. Da esquerda para a direita: *Ficus clusiifolia*, *Ficus crocata* e *Ficus hirsuta*. **Barras de escala** = 0,5 mm.

#### *Análise de dados - pecíolo*

Os dados do presente trabalho foram analisados no software R versão 4.5.1 (R CORE TEAM, 2026), utilizando os pacotes “ggplot2”, “ggpubr” e “rstatix”. Para os dados referentes aos parâmetros morfológicos das espécies em estudo, foram realizadas análises de normalidade das amostras, avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ) (Shapiro e Wilk, 1965). Para dados com distribuição normal, as espécies foram comparadas entre si por meio da Análise de Variância, seguida de teste post-hoc de Tukey ( $p = 0,05$ ). Caso atestada a ausência da normalidade, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (Hollander et al., 2013) seguido de teste post-hoc de Dunn ( $p = 0,05$ ), com ajuste Bonferroni dos valores de  $p$  (Dunn, 1964).

Para avaliar a probabilidade de cada espécie apresentar dimensões que correspondessem ao pecíolo oval ou circular, assim como a disposição dos feixes vasculares em arco ou anel, preparou-se um modelo aditivo generalizado para localização, escala e forma (GAMLSS – Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape), considerando distribuição “gamma” (Rigby e Stasinopoulos, 2005), e posteriormente o modelo gerado, para cada espécie, foi comparado com o valor referência. Para tanto, utilizou-se o pacote “gamlss” no R.

## **RESULTADOS**

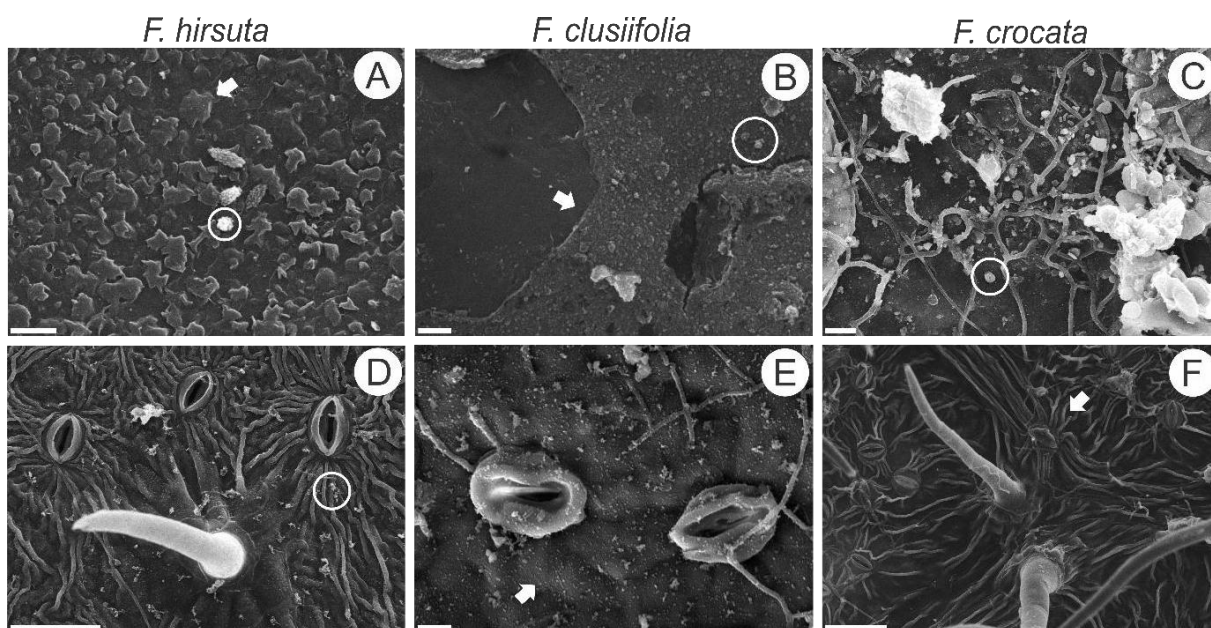
### *Descrição anatômica*

#### **Epiderme da lâmina foliar**

As três espécies apresentam deposição de cera epicuticular de maneira mais

abundante na face adaxial, ocorrendo em forma de placas não contínuas e em grânulos esparsos em *Ficus hirsuta* (Figura 10 A). Em *Ficus clusiifolia*, apresenta-se como uma capa contínua, também com deposição de grânulos (Figura 10 B). Já em *Ficus crocata*, ocorre em forma de grânulos esparsos, apenas (Figura 10 C). Na face abaxial, a cera epicuticular ocorre em forma de grânulos, de maneira esparsa nas três espécies (Figura 10 D).

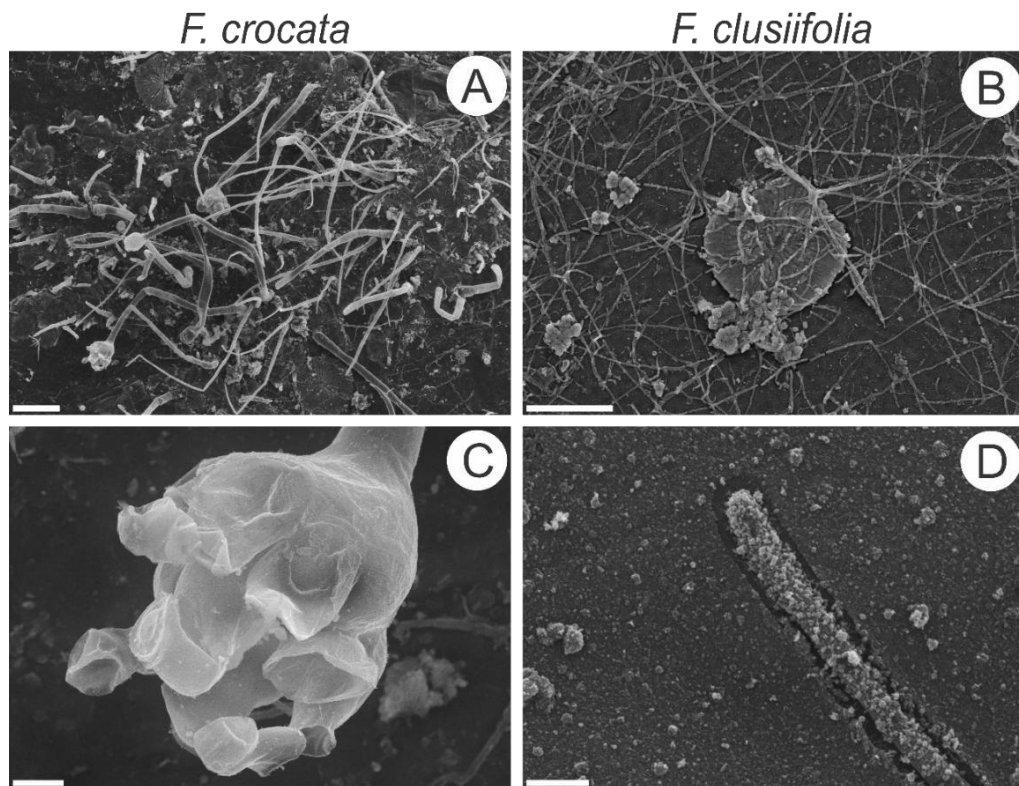
As paredes periclinais externas são marcadamente estriadas, formando cristas cuticulares alongadas. Em superfície adaxial, a cutícula é lisa, sem ornamentações em *F. crocata* e *F. hirsuta*, assim como em ambas as faces de *F. clusiifolia* (Figura 10 B e E). Em *F. crocata* e *F. hirsuta*, a superfície epidérmica abaxial apresenta cutícula espessa fortemente ornamentada, com presença de estrias cuticulares bem desenvolvidas, dispostas de forma radial ao redor de estômatos e tricomas (Figura 10 D e F).



**Figura 10:** Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície foliar de *F. hirsuta* (A, D), *F. clusiifolia* (B, E) e *F. crocata* (C, F) em face adaxial (A-C) e abaxial (D-F). **A:** Cera epicuticular em forma de placas não contínuas (seta) e em grânulos esparsos (círculo). **B:** Cera epicuticular em forma de capa contínua (seta), também com deposição de grânulos (círculo). **C, D:** Cera epicuticular em forma de grânulos esparsos (círculos). **E:** Cutícula lisa (seta). **F:** Cutícula fortemente ornamentada (seta). **Barras de escala:** A = 2  $\mu\text{m}$ ; B = 1  $\mu\text{m}$ ; C, E = 10  $\mu\text{m}$ ; D, F = 50  $\mu\text{m}$ .

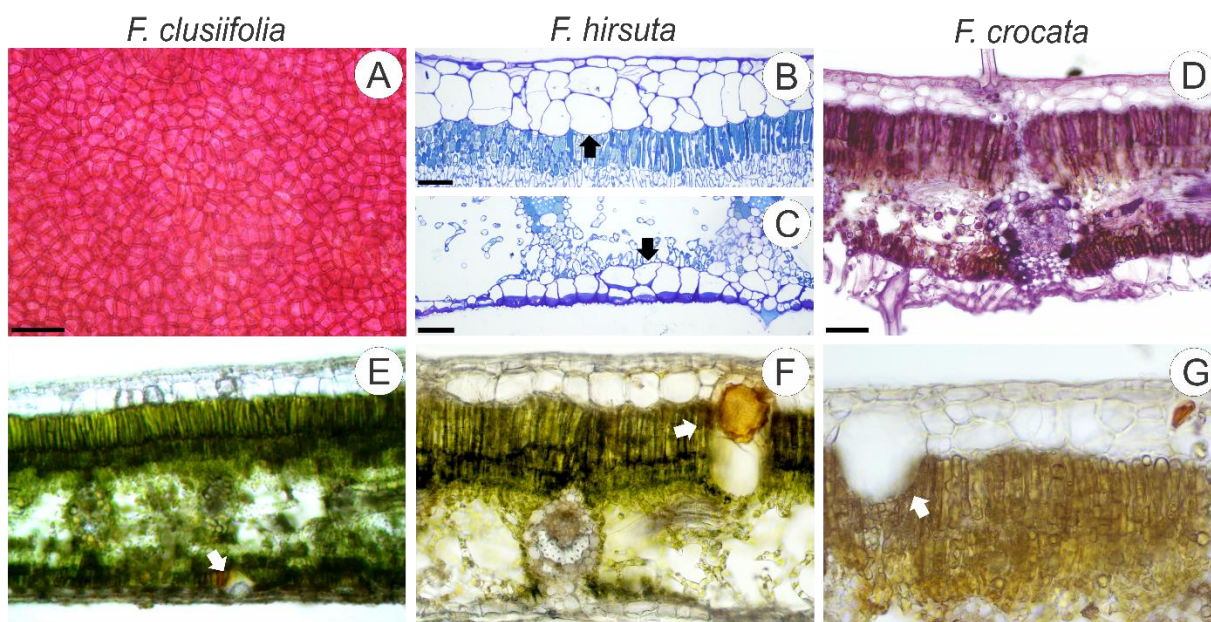
Foram observadas estruturas fúngicas na superfície foliar adaxial de *F. crocata*, em forma circular e ondulada, sendo epifítica, além de diversas hifas e esporângios (Figuras 11 A e C). Em *F. clusiifolia*, em ambas as superfícies, foram observadas hifas fúngicas superficiais intradérmicas e as mesmas estruturas circulares que foram observadas em *F. crocata*, foram vistas na face adaxial (Figuras 11 B e D).

Não foram observadas estruturas fúngicas em *F. hirsuta*.



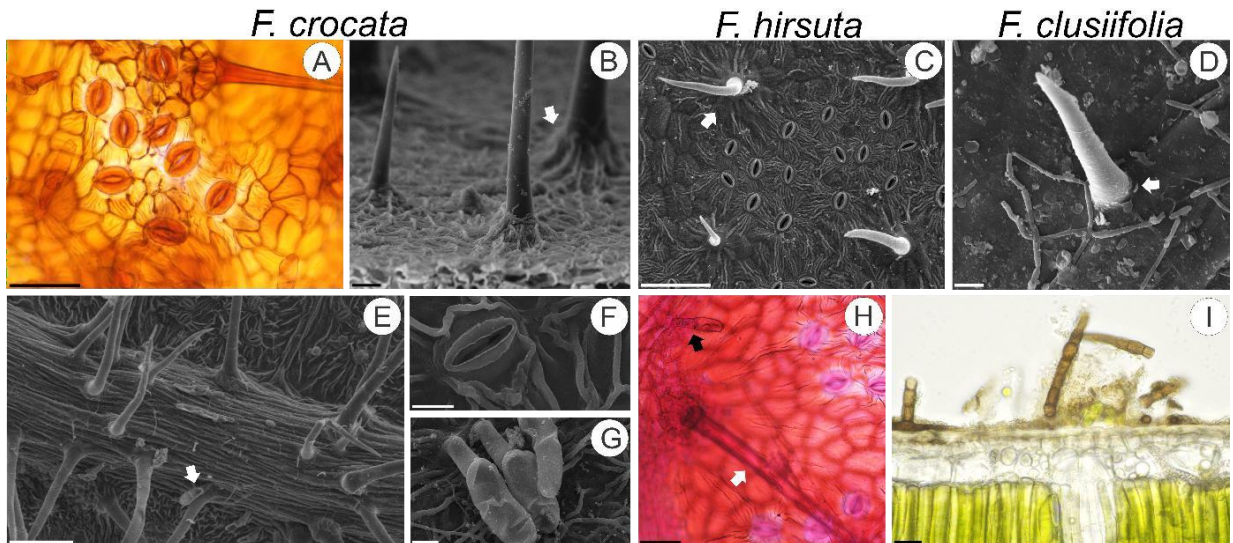
**Figura 11:** Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície foliar de *F. crocata* (A, C) e *F. clusiifolia* (B, D) em face adaxial. **A:** Estruturas fúngicas epifíticas em forma circular e ondulada, diversas hifas e esporos. **B:** Hifas fúngicas superficiais intradérmicas e estrutura fúngica circular. **C:** Detalhe de esporângio da Figura A. **D:** Hifa fúngica. **Barras de escala:** a, b = 100 µm; c = 10 µm; d = 2 µm.

Em vista frontal, as células da epiderme possuem contorno poligonal (Figura 12 A). Em secção transversal, a epiderme adaxial das três espécies é unisseriada e apresenta contorno retilíneo. Observou-se variação ao longo de sua extensão em relação a presença de uma ou duas camadas subepidérmicas, formadas por células maiores (Figura 12 B). *F. clusiifolia* e *F. hirsuta* possuem epiderme abaxial unisseriada com uma camada subepidérmica descontínua (Figura 12 C), enquanto *F. crocata* possui apenas unisseriada e sendo sinuosa (Figura 12 D). No terço médio das folhas de ambas as espécies foram identificados litocistos alongados e isolados contendo cristólitos de coloração transparente a amarronzada na epiderme adaxial (Figura 12 F), ou ainda, litocistos vazios (Figura 12 G). Na epiderme abaxial, foram observados apenas em *F. clusiifolia*, sendo alongados ou arredondados (Figura 12 E).



**Figura 12:** Imagens de Microscopia Óptica em vista frontal (A) e de cortes transversais do terço médio (B - G) de *F. clusiifolia* (A, E), *F. hirsuta* (B, C, F) e *F. crocata* (D, G). **A:** Material dissociado corado com fucsina evidenciando o contorno poligonal irregular celular. **B:** Epiderme adaxial com uma ou duas camadas subepidérmicas (seta). **C:** Epiderme abaxial com uma camada subepidérmica (seta). **D:** Material corado com reagente de Schiff evidenciando a epiderme adaxial retilínea e epiderme abaxial unisseriada sinuosa. **E:** Litocisto contendo cristólito em epiderme abaxial (seta). **F:** Litocisto contendo cristólito amarronzado em epiderme adaxial (seta). **G:** Litocisto vazio (seta). **Barras de escala:** A - D, F, G = 50  $\mu\text{m}$ ; E = 100  $\mu\text{m}$ .

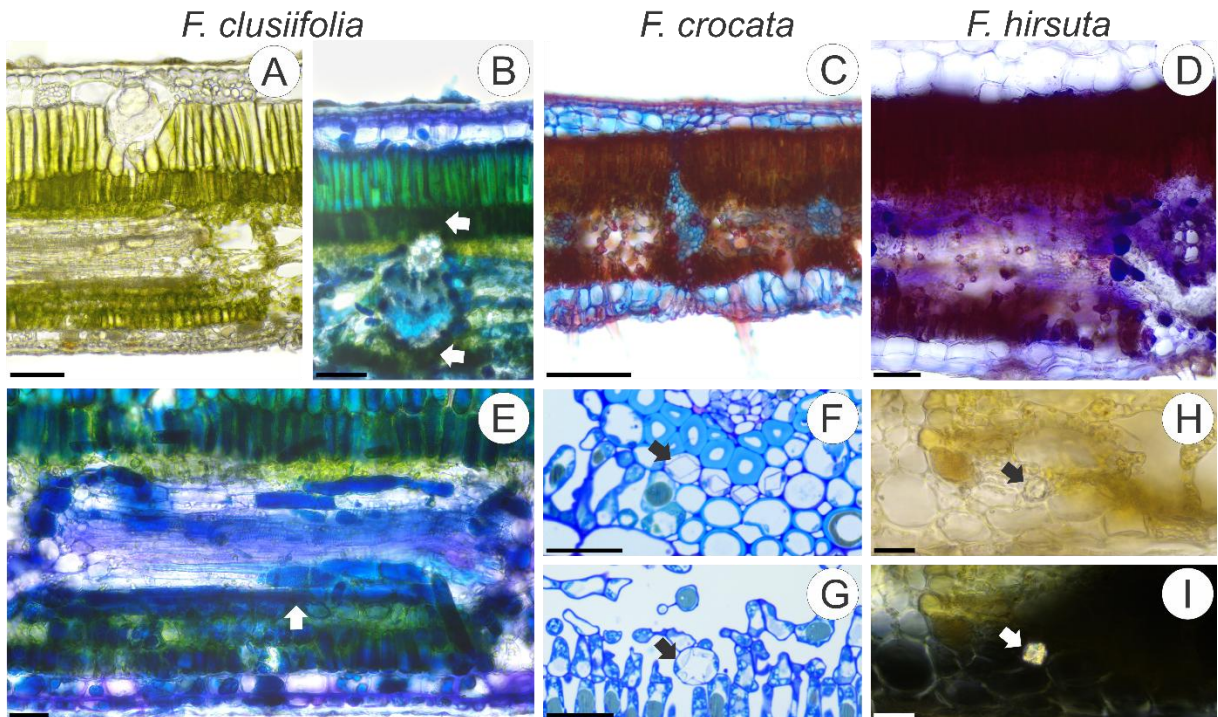
Nas três espécies a lâmina foliar é hipoestomática com estômatos do tipo anomocítico, com células estomáticas acima do nível das demais células epidérmicas (Figuras 13 A, C e F). A análise foliar revelou a presença de tricomas tectores uni e multicelulares nas três espécies, com tamanhos variados (Figuras 13 A - E, H e I). A base dos tricomas tectores observados em *F. clusiifolia* encontra-se no mesmo nível das demais células epidérmicas (Figura 13 D), enquanto os observados nas demais espécies encontram-se acima desse nível (Figura 13 B e C). *F. clusiifolia* apresentou, ainda, tricomas tectores multicelulares na face adaxial, com cerca de 5 células (Figura 13 I). Foram observados tricomas glandulares em ambas as faces da epiderme em *F. crocata* e na face abaxial de *F. hirsuta*, com base no mesmo nível das demais células epidérmicas, apresentando um pedúnculo estreito e uma cabeça com formato oblongo, estando concentrados principalmente sobre as nervuras (Figuras 13 E, G e H).



**Figura 13:** Imagens de Microscopia Óptica em vista frontal (A, H), de corte transversal do terço médio (I) e de Microscopia Eletrônica de Varredura (B – G) da face adaxial (B, D) e abaxial (C, F) de *F. crocata* (A, B, E, F, G), *F. hirsuta* (C, H) e *F. clusiifolia* (D, I). **A:** Material dissociado corado com safranina, evidenciando estômatos anomocíticos. **B, C:** Base dos tricomas tectores acima do nível das demais células epidérmicas (seta). **D:** Base do tricoma tector no mesmo nível das demais células epidérmicas (seta). **E:** tricomas glandulares (seta) e tectores sobre a nervura. **F:** Estômato acima do nível das demais células epidérmicas. **G:** Tricomas glandulares com base no mesmo nível das demais células epidérmicas. **H:** Material dissociado corado com fucsina, evidenciando tricoma tector (seta branca) e tricoma glandular (seta preta) sobre a nervura. **I:** Tricomas tectores multicelulares. **Barras de escala:** A = 50  $\mu\text{m}$ ; B = 20  $\mu\text{m}$ ; C, E = 100  $\mu\text{m}$ ; D, F, G = 10  $\mu\text{m}$ ; H, I = 50  $\mu\text{m}$ .

### Mesofilo

Nas três espécies, o mesofilo é heterogêneo e isobilateral, apresentando duas camadas de parênquima paliçádico na face adaxial, sendo que a mais interna apresenta células menores. Há uma camada de parênquima paliçádico na face abaxial, onde as células possuem comprimento semelhante a camada inferior da face adaxial e parênquima lacunoso ao meio (Figuras 14 A, C e D). *F. clusiifolia* é a única espécie que não apresenta extensão de bainha do feixe vascular no mesofilo (Figura 14 B). As três espécies apresentam laticíferos próximos aos feixes vasculares (Figura 14 D). Foi observada a presença de cristais prismáticos e tipo drusa no parênquima em todas as espécies (Figuras 14 F, G, H e I), sendo constituídos por oxalato de cálcio. Não foi observada a presença de esclereídes.



**Figura 14:** Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais do terço médio de *F. clusiifolia* (A, B, E), *F. crocata* (C, F, G) e *F. hirsuta* (D, H, I). Imagem sob Luz Polarizada: I. Material corado com Safranblau: C; com Azul de Toluidina: B, E, F e G; com Schiff: D. **A, C, D:** Mesofilo isobilateral. **B:** Ausência de bainha no feixe vascular (setas). **E:** Laticíferos (seta). **F:** Cristais prismáticos (seta). **G, H e I:** Cristal tipo drusa (seta). **Barras de escala:** A, B, D = 50  $\mu\text{m}$ ; C = 100  $\mu\text{m}$ ; D, E – I = 20  $\mu\text{m}$ .

### Nervura Central

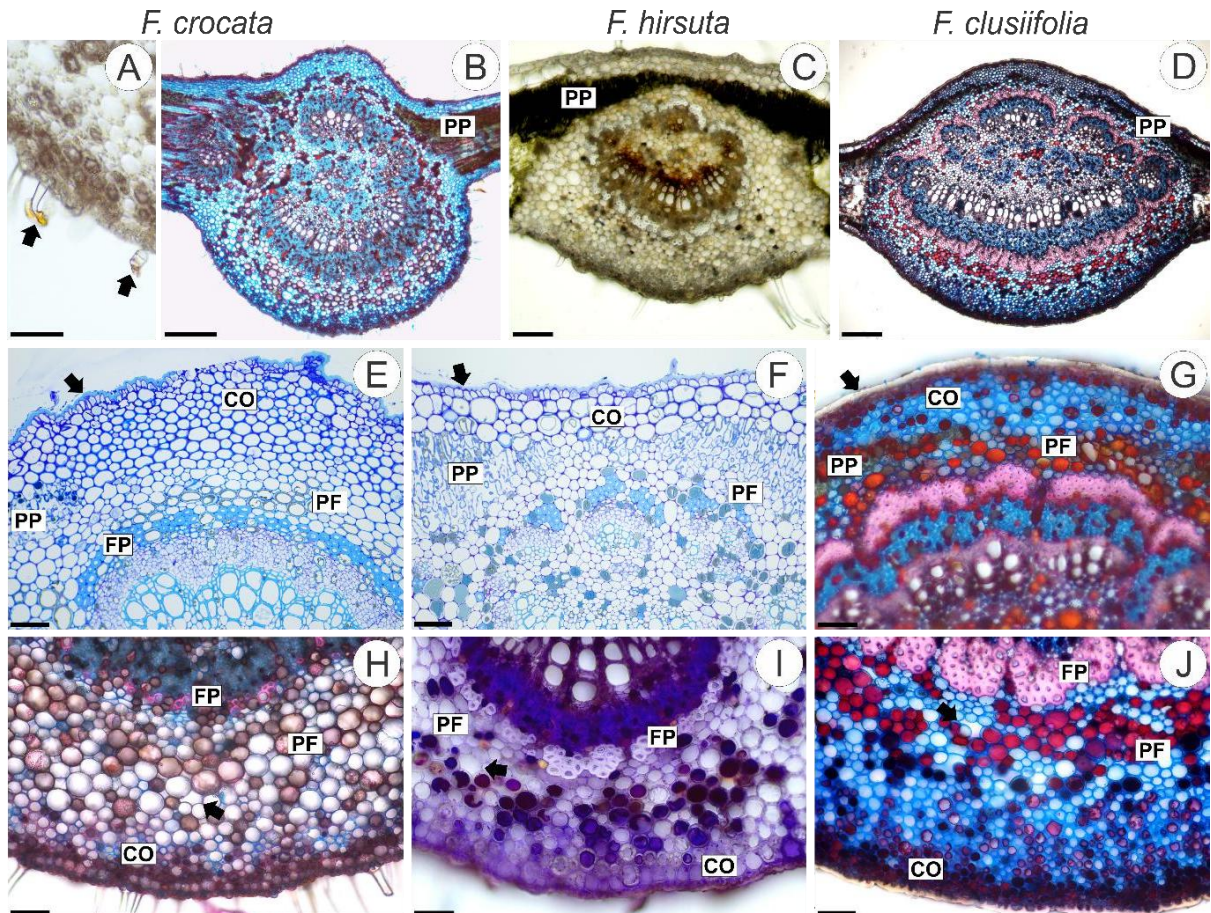
A nervura central apresenta tricomas tectores em ambas as faces nas três espécies estudadas, mas tricomas glandulares foram observados apenas em *Ficus crocata* (Figura 15 A). A face adaxial da nervura central em *Ficus crocata* possui contorno convexo agudo, tendo a face abaxial mais arredondada e protuberante (Figura 15 B). Em *Ficus hirsuta* e *Ficus clusiifolia* o contorno adaxial da nervura central é convexo obtuso e a nervura tem formato semelhante a uma elipse (Figuras 15 C e D).

A epiderme é unisseriada em ambas as espécies (Figuras 15 E - G). No córtex de *F. crocata*, em face adaxial, o parênquima paliçádico aparece apenas nas bordas da nervura, na interseção com o mesofilo (Figura 15 B e E). Foram observadas oito a

dez camadas de colênquima anelar e três a cinco camadas de parênquima de preenchimento, formando a bainha parenquimática (Figura 15 E). Em face abaxial, sendo a mais protuberante, foram observadas de quatro a cinco camadas de colênquima e de sete a nove camadas de parênquima (Figura 15 H).

Já no córtex de *F. hirsuta* abaixo da epiderme adaxial são observadas duas a quatro camadas de colênquima anelar e abaixo dessas camadas há presença de parênquima paliçádico, com diminuição no tamanho a medida que adentra para o centro da nervura, enquanto o parênquima de preenchimento envolve os feixes vasculares com duas a quatro camadas ininterruptas, formando a bainha parenquimática (Figuras 15 C e F). Na região abaxial existem duas a três camadas de colênquima, seguidas por cinco a seis camadas de parênquima de preenchimento, sendo a região mais espessa da nervura (Figura 15 I).

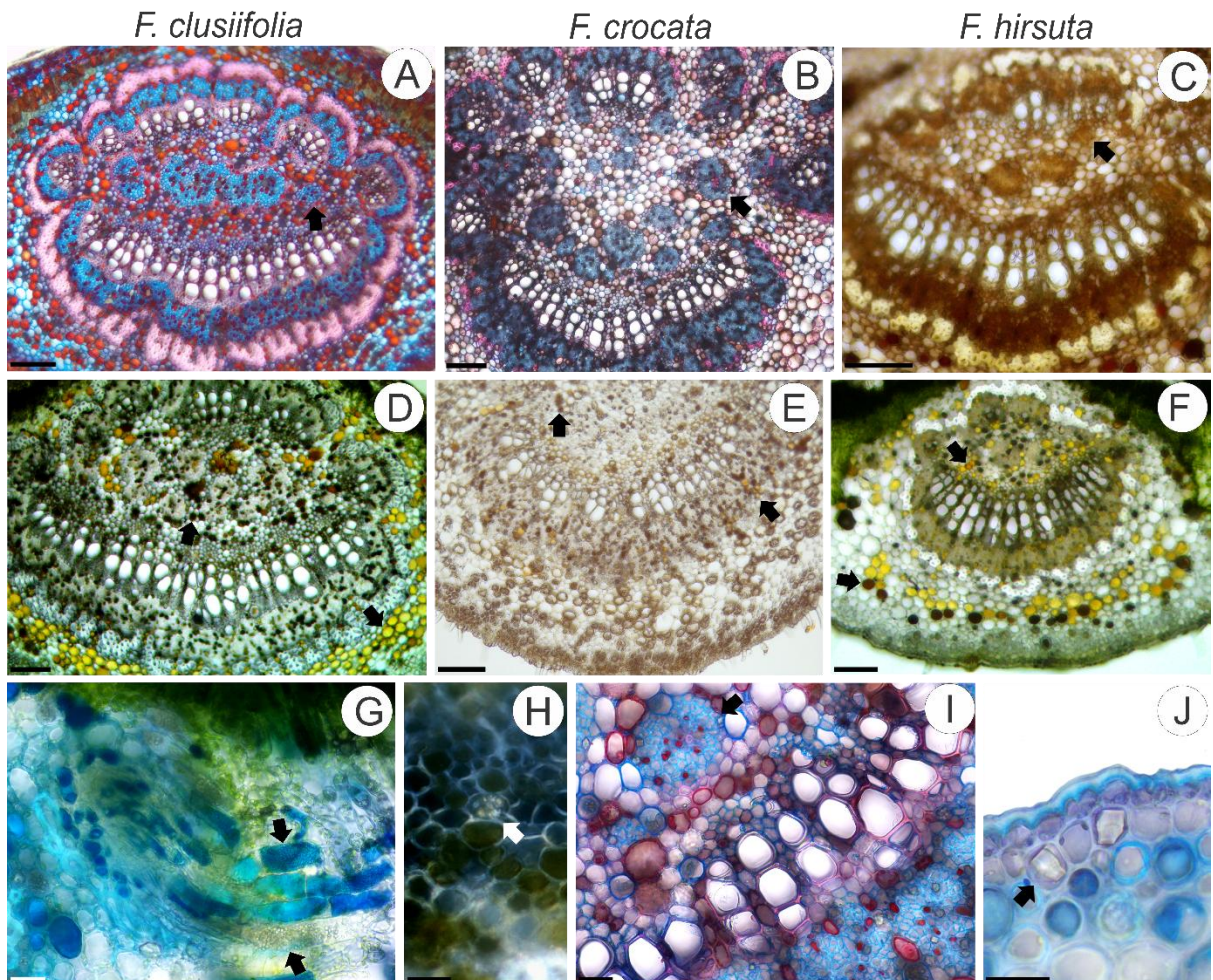
Em *F. clusiifolia*, existem três a quatro camadas de colênquima anelar e cinco a seis de parênquima na face adaxial (Figura 15 G). O parênquima paliçádico está presente em uma faixa mais fina que em *F. hirsuta*, que pode ser interrompida, indo até o centro da nervura (Figuras 15 D e G). Já na face abaxial foram observadas de duas a três camadas de colênquima oito a nove de parênquima na face abaxial (Figura 15 J). As três espécies apresentam fibras perivasculares (Figuras 15 E, I e J) e o parênquima fundamental possui largos espaços intercelulares irregulares (Figura 15 I).



**Figura 15:** Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais da nervura central de *F. crocata* (A, B, E, H), *F. hirsuta* (C, F, I) e *F. clusiifolia* (D, G, J). Materiais corados com Safrablau: B, D, G, H e J; com Azul de Toluidina: E e F; com Schiff: I. **A:** Tricomas glandulares (setas). **B:** Face adaxial de contorno convexo agudo e face abaxial arredondada e protuberante. **C, D:** Contorno adaxial convexo obtuso e formato geral elíptico. **E, F, G:** Organização do córtex em face adaxial e epiderme unisseriada (setas). **H, I, J:** Organização do córtex em face abaxial; largos espaços intercelulares (setas). CO: colênquima; PP: parênquima paliçádico; PF: parênquima fundamental; FP: fibras perivasculares. **Barras de escala:** A, E - J = 50  $\mu$ m; B, D = 200  $\mu$ m; C = 100  $\mu$ m.

Em ambas as espécies, mais internamente, existe floema medular de distribuição difusa, visto sob a forma de pequenos grupos de floema dispersos entre o parênquima de preenchimento, o qual apresenta espaços intercelulares menores que os do córtex. A quantidade de floema medular na nervura principal varia entre as espécies, sendo de cinco a sete em *F. clusiifolia* (Figura 16 A), 15 a 17 em *F. crocata* (Figuras 16 B e I) e dois a quatro em *F. hirsuta* (Figura 16 C). As espécies *F. clusiifolia* e *F. hirsuta* apresentam os feixes voltados para a face adaxial em arco (Figuras 16 A, e C) e *F. crocata* apresenta feixes vasculares em anel (Figura 16 B). Uma quantidade expressiva de idioblastos foi observada com compostos de coloração que variam de amarelo intenso e marrom bem escuro para *F. hirsuta* e *F. clusiifolia*, ambos localizados no córtex de ambas as faces e na medula, e em menor quantidade,

foram observados em *F. crocata*, com coloração marrom claro e amarelo, localizados entre os feixes vasculares e na medula da nervura (Figuras 16 D, E e F). As três espécies apresentaram laticíferos na nervura central (Figura 16 G), além de cristais prismáticos e tipo drusa em idioblastos parenquimáticos, sendo constituídos por oxalato de cálcio (Figuras 16 H e J).

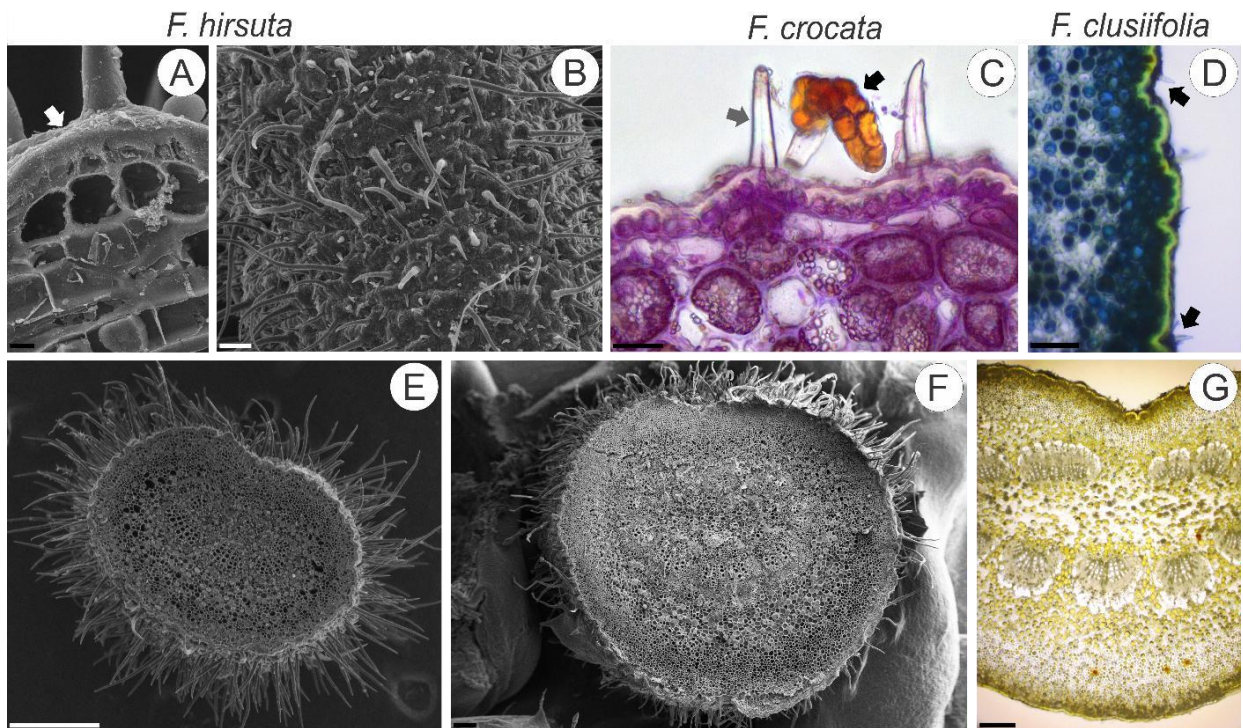


**Figura 16:** Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais da nervura central de *F. clusiifolia* (A, D, G, H), *F. crocata* (B, E, I) e *F. hirsuta* (C, F, J). Imagem sob Luz Polarizada: H. Materiais corados com Safranblau: A, B e I. Material corado com Dragendorff: C. Materiais corados com Azul de Toluidina: G e J. **A, B, C:** Medula da nervura central evidenciando floema medular de distribuição difusa (setas), com feixes dispostos em arco (A e C), e em anel (B). **D, E, F:** Idioblastos (setas). **G:** Laticíferos (setas). **H:** Cristal tipo drusa (seta). **I:** Floema medular (seta), próximo ao floema principal. **J:** Cristais prismáticos (seta). **Barras de escala:** A - F = 100 µm; G - J = 20 µm.

### Pecíolo

O pecíolo de ambas as espécies possui epiderme unisseriada, recoberta por uma cutícula espessa (Figuras 17 A e B). Tricomas tectores unicelulares foram observados em todas as espécies e *Ficus crocata* apresentou também tricomas glandulares com cabeça multicelular (Figura 17 C). *Ficus clusiifolia* apresenta poucos tricomas tectores, sendo esparsos e menores que os das demais espécies (Figura 17

D), que os apresentam de maneira abundante e em tamanhos variados (Figuras 17 B, E e F). Os pecíolos de *Ficus hirsuta* e *F. clusiifolia* possuem contorno oval, com feixes vasculares dispostos em arco (Figuras 17 E e G), enquanto em *F. crocata* o contorno é circular e feixes dispostos em anel (Figura 17 F). O pecíolo na face adaxial de *F. clusiifolia* é sulcado, levemente sulcado em *F. hirsuta* (Figuras 17 E e G) e *F. crocata* não apresenta sulco (Figura 17 F).

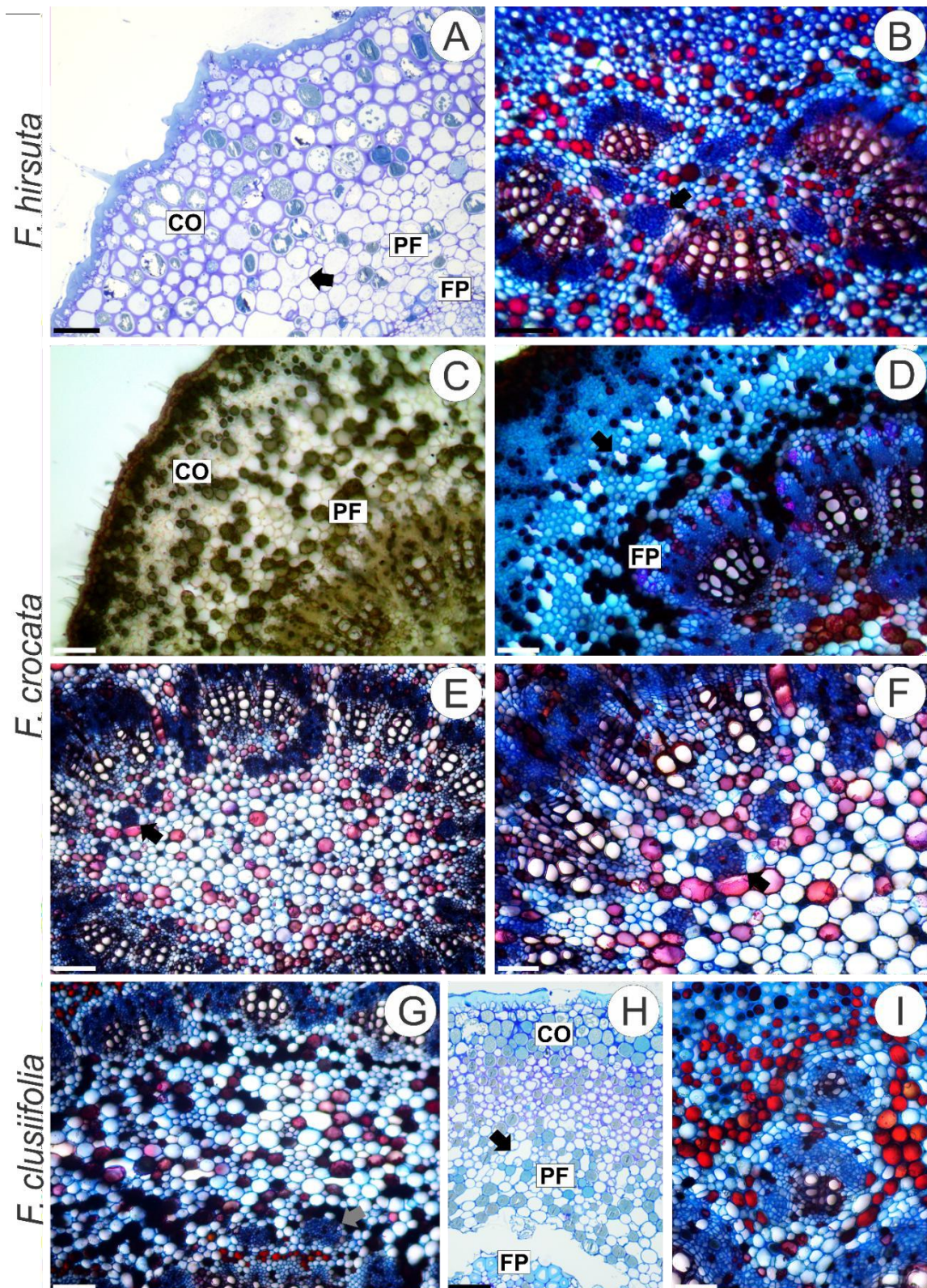


**Figura 17:** Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (A, B, E, F) e Microscopia Óptica (C, D, G) do pecíolo de *F. hirsuta* (A, B, E), *F. crocata* (C, F) e *F. clusiifolia* (D, G). **A:** Cutícula espessa (seta). **B:** Cutícula espessa e tricomas tectores abundantes. **C:** Material corado com reagente de Schiff evidenciando tricomas tectores (seta cinza) e tricoma glandular de cabeça multicelular (seta preta). **D:** Material corado com Azul de Toluidina evidenciando tricomas pequenos e esparsos (setas). **E, G:** Pecíolo com contorno oval, com feixes vasculares dispostos em arco. **F:** Pecíolo com contorno circular, com feixes vasculares dispostos em anel. **Barras de escala:** A = 10  $\mu\text{m}$ ; B = 100  $\mu\text{m}$ ; C = 20  $\mu\text{m}$ ; D = 50  $\mu\text{m}$ ; E = 500  $\mu\text{m}$ ; F, G = 200  $\mu\text{m}$ .

O colênquima é do tipo anelar com sete a nove camadas e oito a dez camadas de parênquima de preenchimento em *F. hirsuta* (Figura 18 A). Já em *F. crocata*, o pecíolo apresenta cinco a sete camadas de colênquima e doze a catorze camadas de parênquima de preenchimento (Figura 18 C). Em *F. clusiifolia*, foi possível observar três a cinco camadas de colênquima e 15 a 17 camadas de parênquima (Figura 18 H). O parênquima fundamental possui largos espaços intercelulares irregulares em todas as espécies (Figuras 18 A, D e H). Fibras perivasculares foram observadas em todas as espécies, elas não formam um cordão contínuo, mas são observadas dispostas uma ao lado da outra, em cordões de 5 a 10 células, ou isoladas (Figuras 18 A, D e

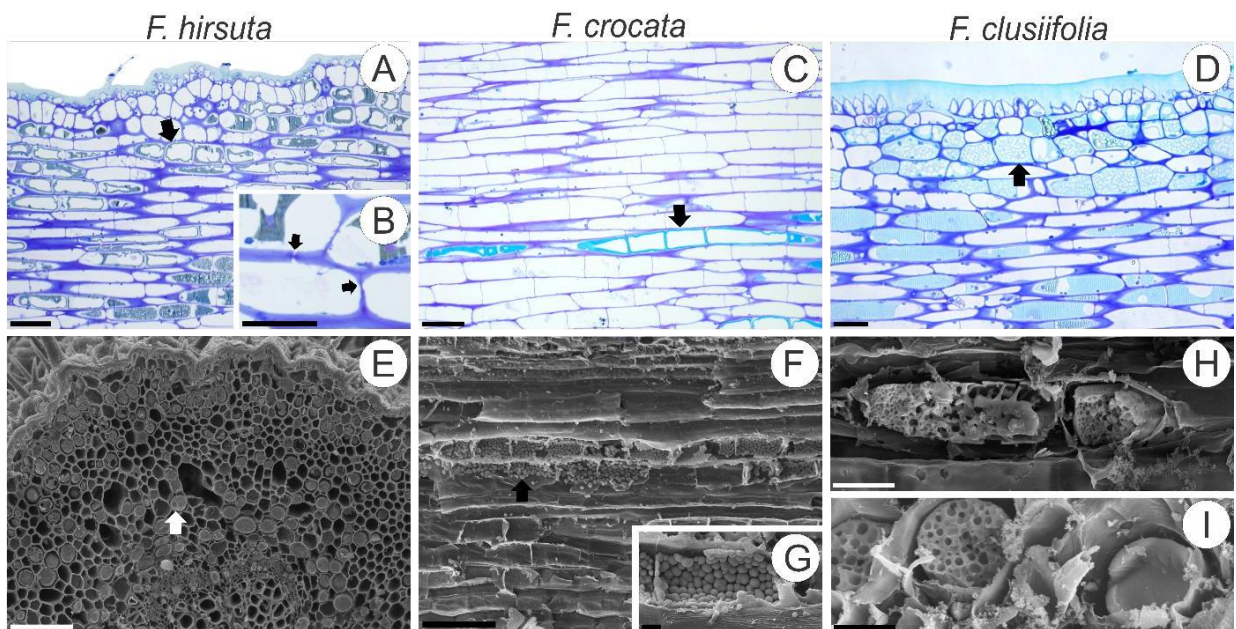
H). Os feixes vasculares são do tipo colateral e *F. clusiifolia* apresenta, ainda, em alguns pontos, um ou dois feixes sobre a camada de feixes que formam um arco ao redor da medula (Figura 18 I).

O número de floema medular na medula do pecíolo varia entre as espécies, sendo que em *F. hirsuta*, foram observados de três a cinco (Figura 18 B), em *F. crocata*, foram observados de oito a dez (Figuras 18 E e F) e em *F. clusiifolia*, foram observados de dois a cinco (Figura 18 G).



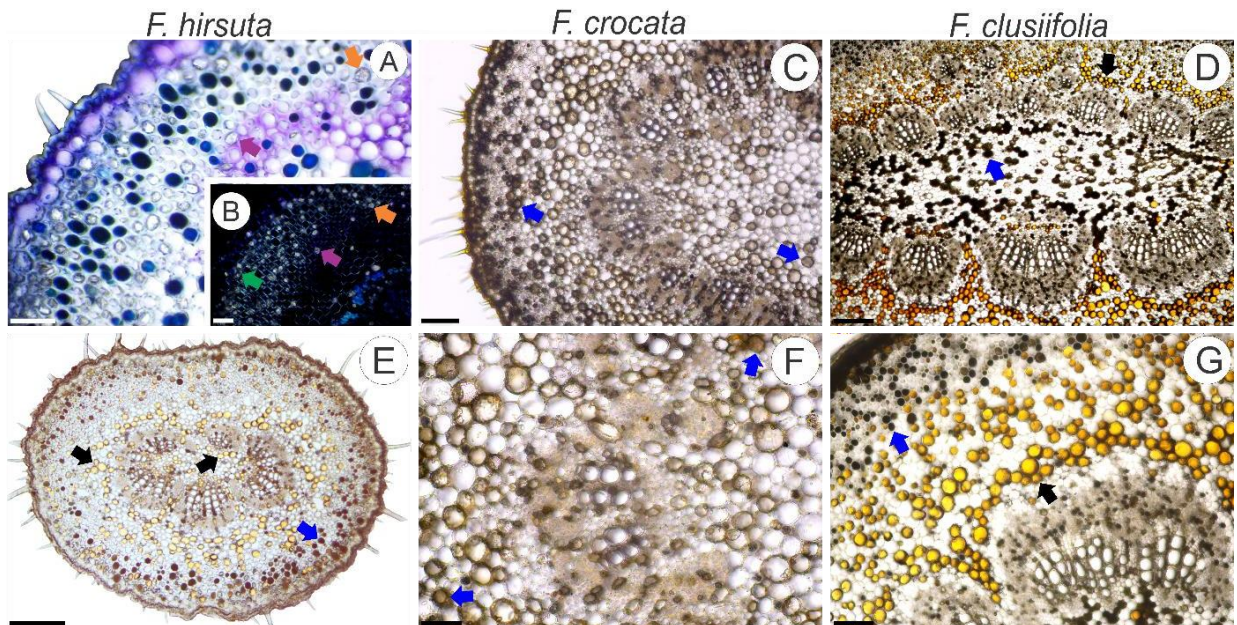
**Figura 18:** Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais corados com Vermelho de Rutênio (C), Safranblau (B, D – G, I) e Azul de Toluidina (A, H) do pecíolo de *F. hirsuta* (A, B), *F. crocata* (C - F) e *F. clusiifolia* (G, H, I). **A, H:** Organização do córtex, com a presença de espaços intercelulares (setas) **B, E, F, G:** Floema medular no pecíolo (setas). **C:** Organização do córtex. **D:** Espaços intercelulares (seta). **I:** Feixes vasculares adicionais. CO: colênquima; PF: parênquima fundamental; FP: fibras perivasculares. **Barras de escala:** A, F, H, I = 50  $\mu$ m; B - E, G = 100  $\mu$ m.

O tipo de laticíferos presentes no pecíolo das três espécies pôde ser observado através de cortes longitudinais, sendo articulados (formados por células dispostas em série) e não ramificados (sem bifurcações) (Figuras 19 A, C, D e F). A presença de plasmodesmos foi constatada nas três espécies (Figura 19 B), assim como partículas de borracha (Figuras 19 G e H). Laticíferos também puderam ser observados em cortes transversais (Figuras 19 E e I).



**Figura 19:** Imagens de Microscopia Óptica de cortes longitudinais (A - D) e em Microscopia Eletrônica de Varredura (E - I) do pecíolo de *F. hirsuta* (A, B, E), *F. crocata* (C, F, G) e *F. clusiifolia* (D, H, I). **A, C, D, F:** Laticíferos articulados não ramificados (setas). **B:** Presença de plasmodesmos (setas). **E:** Laticíferos no córtex do pecíolo (seta). **G, H, I:** Detalhes dos laticíferos. **Barras de escala:** A, C, D, H = 20  $\mu\text{m}$ ; B = 40  $\mu\text{m}$ ; E, F = 100  $\mu\text{m}$ ; G, I = 10  $\mu\text{m}$ .

Monocristais prismáticos e cristais tipo drusa constituídos por oxalato de cálcio foram observados no pecíolo das três espécies, e em *F. hirsuta* foi observada areia cristalífera (Figuras 20 A e B). As espécies apresentam uma quantidade expressiva de idioblastos, com compostos de coloração que variam de marrom bem escuro na borda do pecíolo e amarelo intenso na região do córtex mais próxima aos feixes vasculares e na medula, para *F. hirsuta* (Figura 20 E); amarelo intenso principalmente na região do córtex ao redor dos feixes e marrom escuro na medula e nas bordas para *F. clusiifolia* (Figuras 20 D e G); e em menor expressão para *F. crocata* e com apenas coloração marrom escuro, dispersos pelo córtex e pela medula (Figuras 20 C e F).



**Figura 20:** Imagens de Microscopia Óptica de cortes transversais do pecíolo de *F. hirsuta* (A, B, E), *F. crocata* (C, F) e *F. clusiifolia* (D, G). Imagem sob Luz Polarizada: B. **A, B:** Material corado com Azul de Toluidina evidenciando cristais prismáticos (seta roxa), tipo drusa (seta laranja) e areia cristalífera (seta verde). **C – G:** Idioblastos de coloração amarela (setas pretas) e coloração marrom (setas azuis). **Barras de escala:** A, B, F = 50  $\mu\text{m}$ ; C, G = 100  $\mu\text{m}$ ; D, E = 200  $\mu\text{m}$ .

### *Descrição histoquímica*

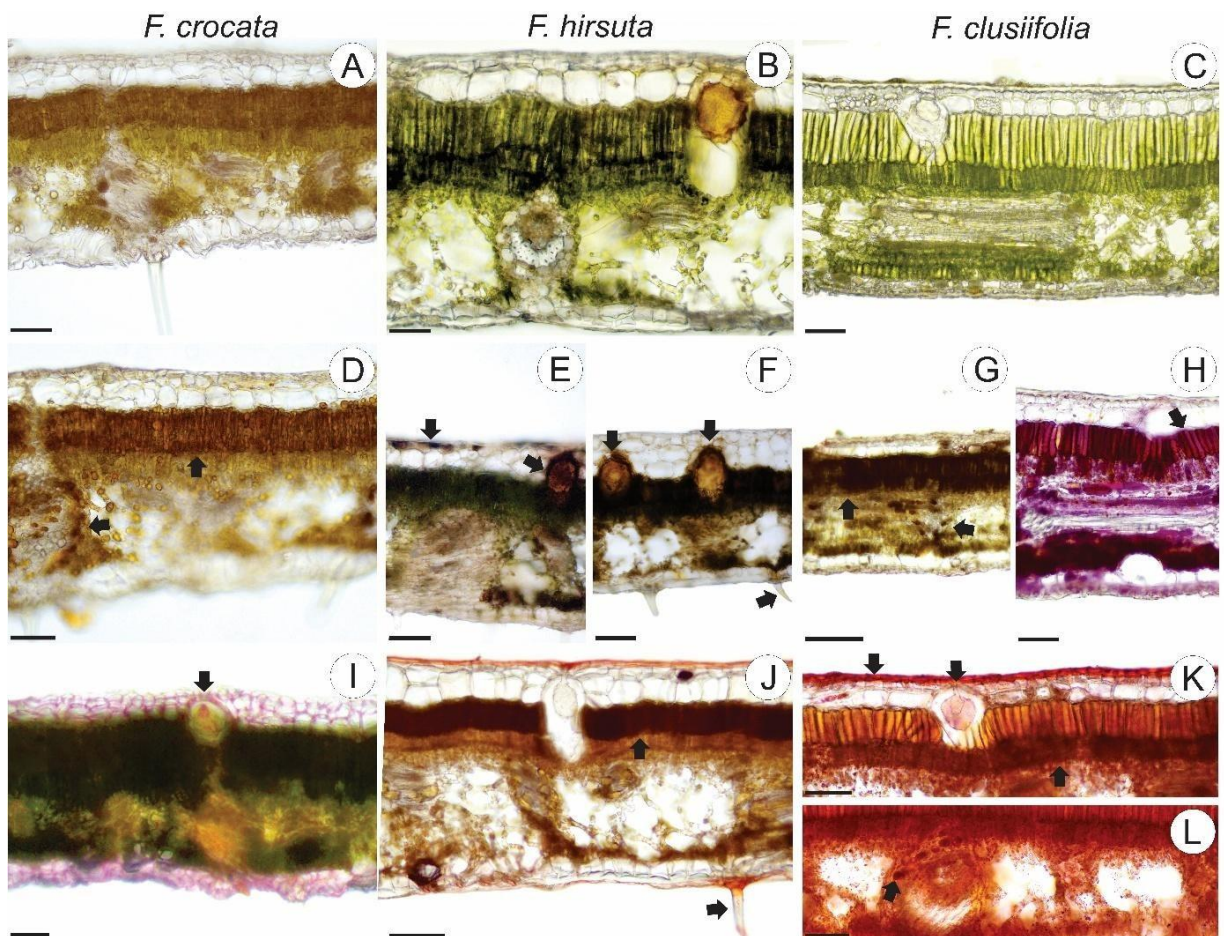
A presença de compostos ácidos e básicos foi observada no terço médio, na nervura central e no pecíolo das três espécies, assim como fenóis, alcaloides, mucopolissacarídeos e lipídios. Polissacarídeos destacam-se por apresentarem a marcação mais divergente entre todas as observadas.

### **Terço Médio**

Os terços médios das três espécies são apresentados sem coloração (Figuras 21 A - C) e após a aplicação dos testes histoquímicos (Figuras 21 D - K), permitindo a comparação dos padrões de coloração observados.

No terço médio, *Ficus crocata* e *Ficus clusiifolia* apresentaram marcação positiva para fenóis ao redor dos feixes vasculares e no parênquima paliádico (Figura 21 G), padrão também observado em relação aos alcaloides nas três espécies (Figura 21 D). Em *Ficus hirsuta*, além do mesmo padrão ao redor dos feixes, fenóis foram observados na epiderme (Figura 21 E). *F. hirsuta* apresentou ainda marcação positiva para alcaloides em cystólitos e em tricomas (Figura 21 F). A marcação para pectinas foi restrita à lamela média nas três espécies e em cystólitos apenas em *F. crocata*

(Figura 21 I) e *F. clusiifolia*. Lipídios foram detectados na parede periclinal externa das três espécies, indicando uma cutícula espessa; adicionalmente, em *F. clusiifolia*, foram observados no parênquima lacunoso, ao redor dos feixes vasculares e em cristólitos (Figuras 21 K e L), enquanto em *F. hirsuta* ocorreram no parênquima paliçádico (Figura 21 J). Lipídios também foram registrados nos tricomas das três espécies (Figura 21 J). Quanto aos polissacarídeos, *F. clusiifolia* apresentou marcação positiva no parênquima paliçádico (Figura 21 H).

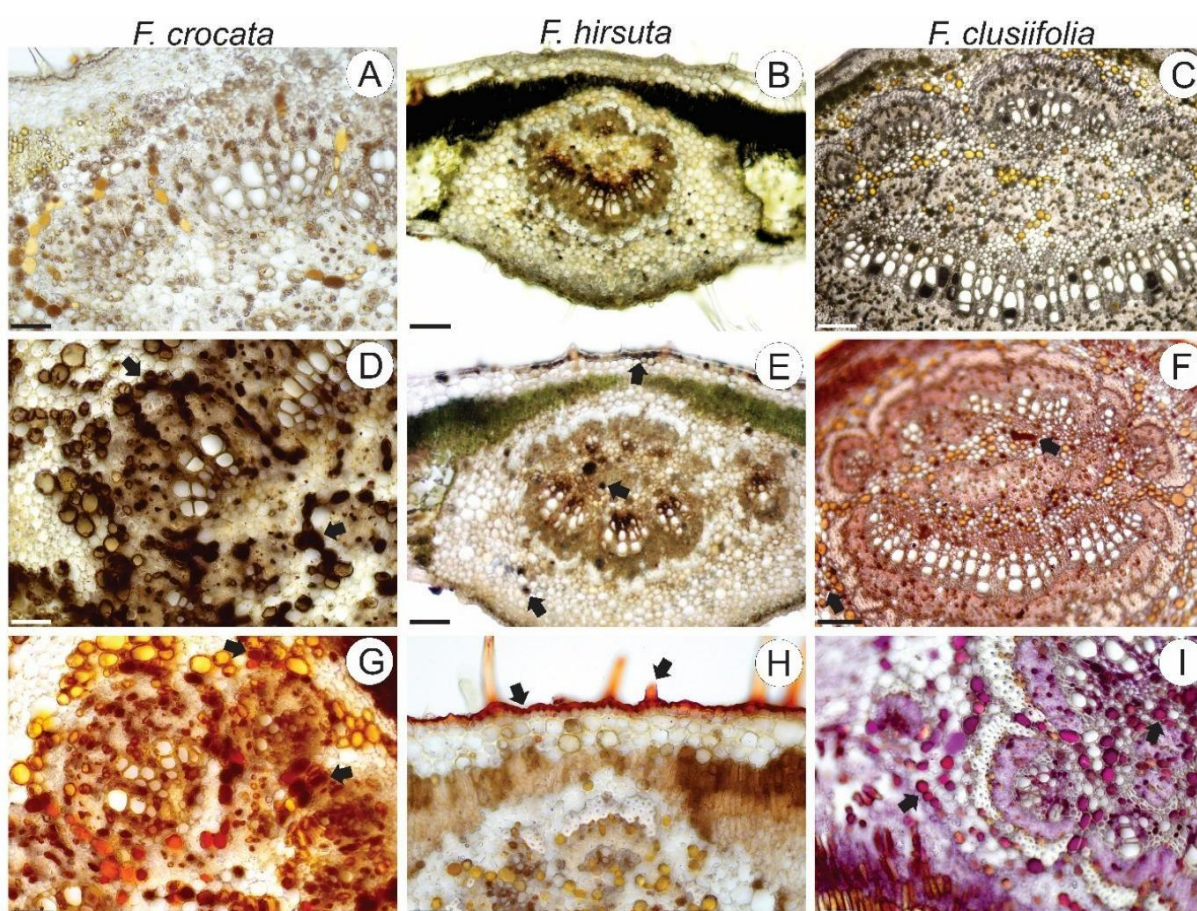


**Figura 21:** Seções transversais do terço médio de *F. crocata* (A, D, I), *F. hirsuta* (B, E, F, J) e *F. clusiifolia* (C, G, H, K, L), submetidas a diferentes corantes e reagentes. **A - C:** Branco. **D, F:** Reação positiva para alcaloides, em castanho/castanho avermelhado (setas). **E, G:** Reação positiva para fenóis, em negro (setas). **H:** Reação positiva para polissacarídeos, em magenta (seta). **I:** Reação positiva para pectinas, em vermelho (seta). **J, K, L:** Reação positiva para lipídeos, em vermelho (setas). **Barras de escala:** A - D, H, I, K, L = 50  $\mu\text{m}$ ; E - G, J = 100  $\mu\text{m}$ .

### Nervura Central

As nervuras centrais das três espécies são apresentadas sem coloração (Figuras 22 A - C) e após a aplicação dos testes histoquímicos (Figuras 22 D - J), permitindo a comparação dos padrões de coloração observados.

Na nervura central, fenóis (Figura 22 D) e alcaloides (Figura 22 G) foram registrados no córtex e na medula das três espécies e em *F. hirsuta*, a presença de fenóis estendeu-se à epiderme (Figura 22 E). A detecção de lipídios novamente evidenciou uma cutícula espessa nas três espécies e houve marcação positiva também nos tricomas (Figura 22 H). Em *F. clusiifolia*, esses compostos também foram encontrados no córtex e na medula da nervura central (Figura 22 F). *F. clusiifolia* apresentou marcação positiva para polissacarídeos no córtex e na medula (Figura 22 I).



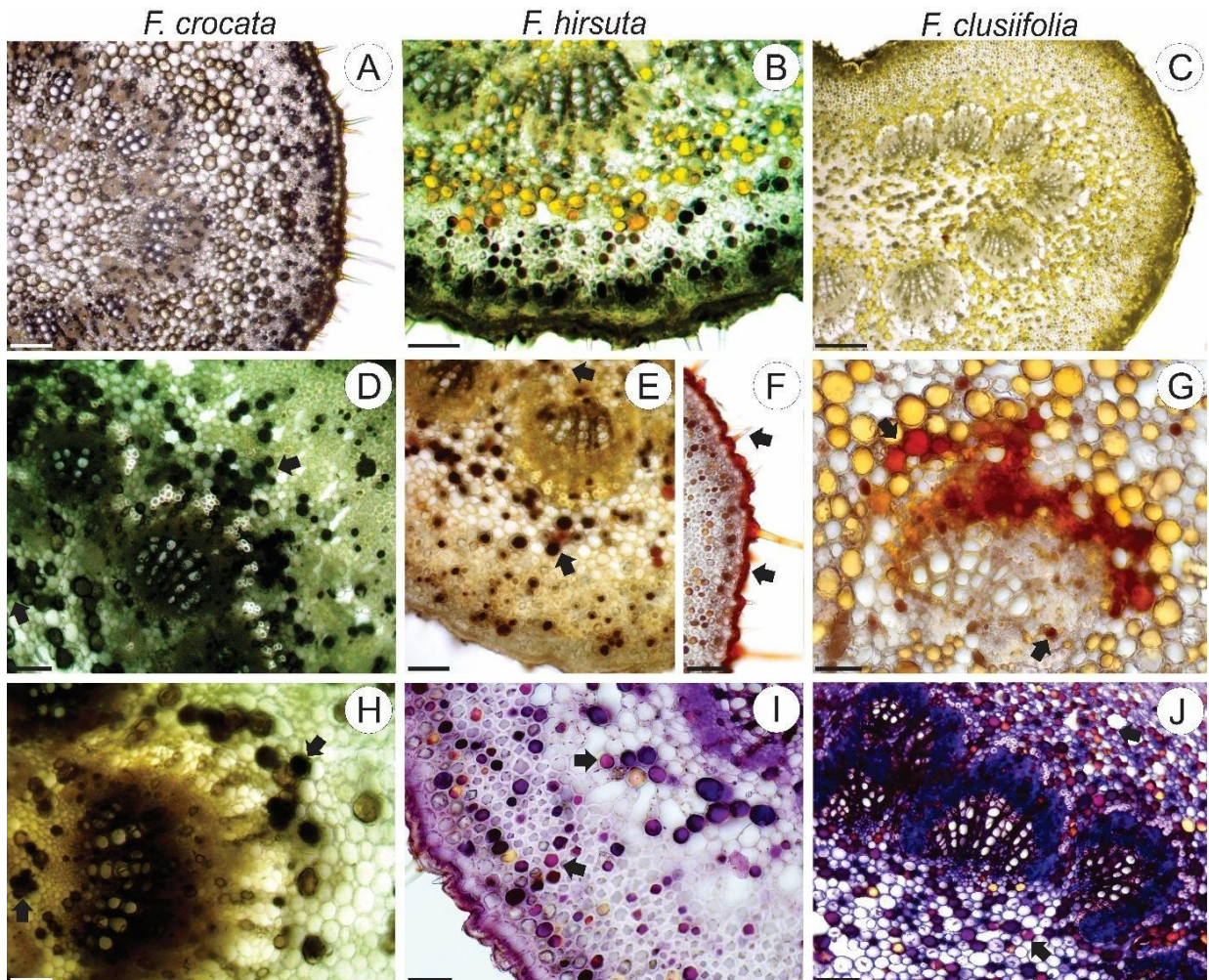
**Figura 22:** Seções transversais da nervura central de *F. crocata* (A, D, G), *F. clusiifolia* (B, E, H) e *F. hirsuta* (C, F, I), submetidas a diferentes corantes e reagentes. **A – C:** Branco. **D, E:** Reação positiva para fenóis, em negro (setas). **F, H:** Reação positiva para lipídios, em vermelho (setas). **G:** Reação positiva para alcaloides, em castanho/castanho avermelhado (setas). **I:** Reação positiva para polissacarídeos, em magenta (setas). **Barras de escala:** A, D, G - I = 50 µm; B, C, E, F = 100 µm.

### Pecíolo

Os pecíolos das três espécies são apresentados sem coloração (Figuras 23 A - C) e após a aplicação dos testes histoquímicos (Figuras 23 D - J), permitindo a comparação dos padrões de coloração observados.

Fenóis (Figura 23 D) e alcaloides (Figuras 23 E e H) também foram observados

no córtex e na medula no pecíolo das três espécies. Em *Ficus clusiifolia*, houve detecção de lipídios nessas mesmas regiões (Figura 23 G). Lipídios foram identificados na parede periclinal externa, indicando uma cutícula espessa em todas as espécies, além de marcação positiva nos tricomas do pecíolo (Figura 23 F). Em relação aos polissacarídeos, *Ficus crocata* não apresentou marcação; em *Ficus hirsuta*, houve marcação positiva apenas no colênquima (Figura 23 I); e em *F. clusiifolia*, observaram-se polissacarídeos no córtex e na medula (Figura 23 J).



**Figura 23:** Seções transversais do pecíolo de *F. crocata* (A, D, H), *F. hirsuta* (B, E, F, I) e *F. clusiifolia* (C, G, J), submetidas a diferentes corantes e reagentes. **A – C:** Branco. **D:** Reação positiva para fenóis, em negro (setas). **E, H:** Reação positiva para alcaloides, em castanho/castanho avermelhado (setas). **F, G:** Reação positiva para lipídeos, em vermelho (setas). **I, J:** Reação positiva para polissacarídeos, em magenta (setas). **Barras de escala:** A, B, D, E, F, J, I = 100  $\mu$ m; C = 200  $\mu$ m; G, H = 50  $\mu$ m.

Os resultados dos testes realizados nas espécies de estudo estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3:** Histoquímica de folhas de três espécies do gênero *Ficus*.

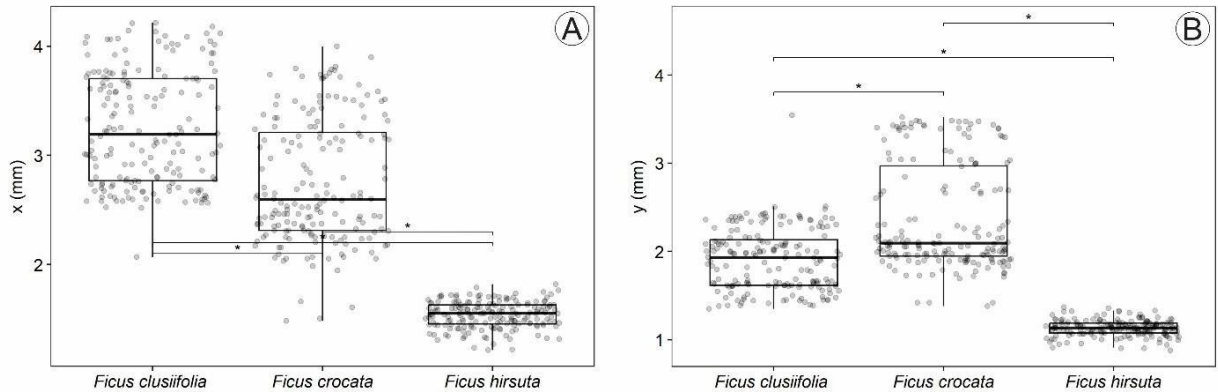
Reagente	Metabólitos	Reações e regiões por espécie		
		<i>F. clusiifolia</i>	<i>F. crocata</i>	<i>F. hirsuta</i>
Cloreto Férrico	Fenóis	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P
Reagente de Dragendorff	Alcaloides	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P
Sudan IV	Lípidios	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P
Vermelho de Rutênio	Mucopolissacarídeos	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P
Reagente de Schiff	Polissacarídeos	(+), TM, NC, P	-	(+), P
Azul de Astra e Safranina (Safrablau)	Compostos ácidos e básicos	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P
Azul de Toluidina	Compostos ácidos e básicos	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P	(+), TM, NC, P

Sinais positivos indicam a presença e os sinais negativos a ausência da reação.  
 TM - terço médio; NC - nervura central; P - pecíolo.

#### Mensuração do pecíolo

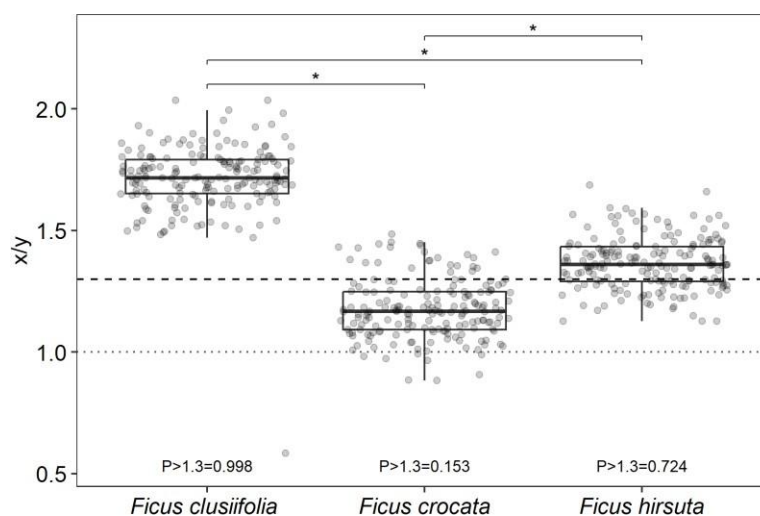
Houve diferenças significativas entre as três espécies em todos os parâmetros analisados, sendo que a diferença entre *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta* mantiveram os valores próximos para a classificação em contorno oval, já *Ficus crocata* ficou com valores distante de ambas e próximo a classificação em contorno circular.

No eixo X, *F. clusiifolia* e *F. crocata* apresentaram pecíolos mais largos e com maior variabilidade estrutural, ao passo que *F. hirsuta* manteve dimensões substancialmente reduzidas, com pecíolos consistentemente menores (Figura 24 A). O mesmo padrão foi observado no eixo Y: *F. crocata* apresentou os maiores valores, seguida por *F. clusiifolia*, enquanto *F. hirsuta* exibiu valores significativamente menores, com baixa dispersão (Figura 24 B).



**Figura 24:** Boxplots da distância entre o contorno do pecíolo nos eixos X (A) e Y (B) para *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Os pontos representam observações individuais; as linhas superiores indicam diferenças estatisticamente significativas entre espécies; as caixas indicam o intervalo interquartil, com a mediana ao centro. As diferenças entre espécies foram avaliadas pelo teste de Kruskal–Wallis, seguido de teste post-hoc de Dunn com ajuste Bonferroni, e os pares com diferenças significativas estão indicados pelas linhas superiores com \* ( $p < 0,05$ ).

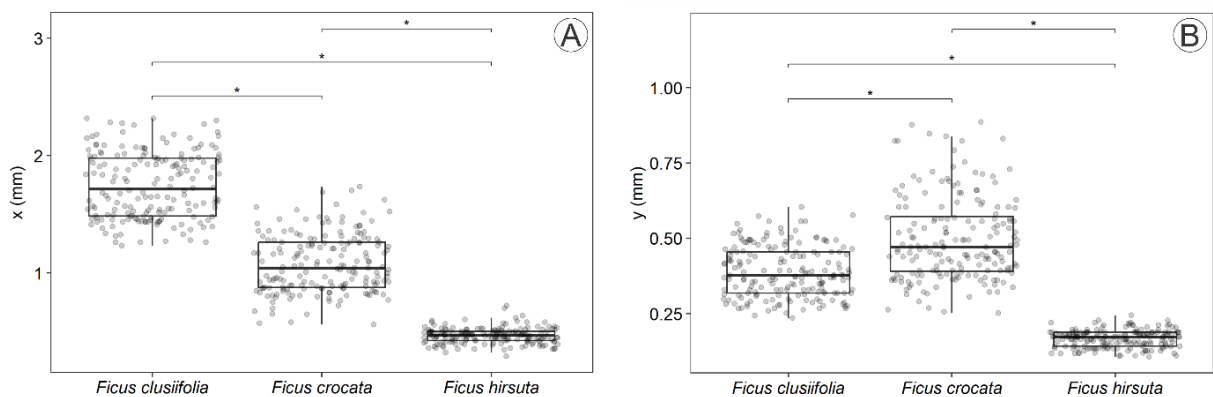
A probabilidade de a razão  $X/Y$  superar 1,3 apresentou-se elevada para *F. clusiifolia* ( $\approx 0,99$ ), moderada para *F. hirsuta* ( $\approx 0,72$ ) e baixa para *F. crocata* ( $\approx 0,15$ ). Esses valores sugerem que pecíolos ovalados (mais largos que altos) são uma característica marcante de *F. clusiifolia*, enquanto *F. hirsuta* ocupa posição intermediária dentre as três espécies, com cerca de um quarto dos pecíolos medidos apresentando razão  $X/Y$  acima de 1,3. *F. crocata* apresenta conformação mais variável e menos frequentemente ovalada, indicando contorno mais esférico que as outras duas espécies (com medidas mais semelhantes entre os eixos X e Y) (Figura 25).



**Figura 25:** Razão entre as distâncias medidas em relação ao contorno do pecíolo nos eixos X e Y, e probabilidade de a razão  $X/Y$  exceder 1,3 para *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Cada ponto representa uma observação individual; as caixas indicam o intervalo interquartil, com a mediana ao centro; a linha tracejada horizontal marca o limiar 1,3. Diferenças entre espécies foram avaliadas por Kruskal–Wallis e Dunn (Bonferroni), com \* indicando

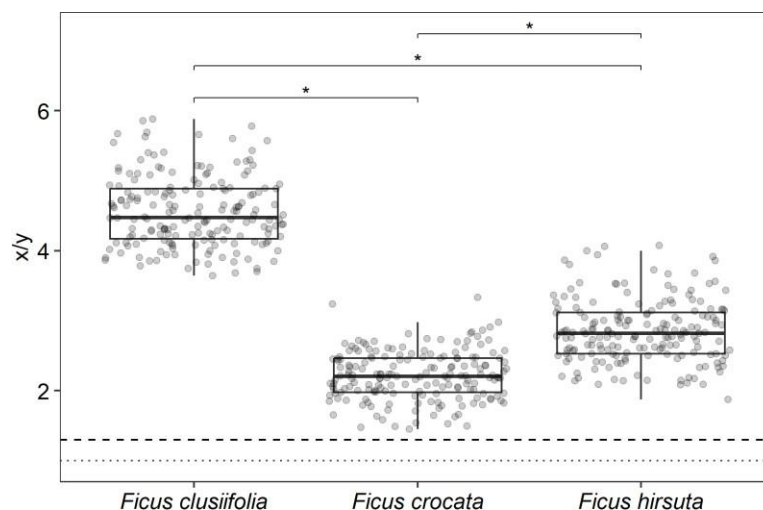
significância. As probabilidades (GAMLSS) representam a chance de  $X/Y > 1,3$ .

A medição da distância entre os feixes vasculares do pecíolo resultou em valores com distribuição visualmente parecida com os gráficos do comprimento e da largura do contorno do pecíolo. No eixo X, *F. clusiifolia* e *F. crocata* apresentaram feixes vasculares mais distantes e com maior variabilidade estrutural, ao passo que *F. hirsuta* manteve dimensões substancialmente reduzidas, com distâncias consistentemente menores (Figura 26 A). O mesmo padrão foi observado no eixo Y: *F. crocata* apresentou os maiores valores, seguida por *F. clusiifolia*, enquanto *F. hirsuta* exibiu valores significativamente menores, com baixa dispersão (Figura 26 B).



**Figura 26:** Boxplots da distância entre os feixes vasculares do pecíolo nos eixos X (A) e Y (B) para *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Os pontos representam observações individuais; as linhas superiores indicam diferenças estatisticamente significativas entre espécies; as caixas indicam o intervalo interquartil, com a mediana ao centro. As diferenças entre espécies foram avaliadas pelo teste de Kruskal–Wallis, seguido de teste post-hoc de Dunn com ajuste Bonferroni, e os pares com diferenças significativas estão indicados pelas linhas superiores com \* ( $p < 0,05$ ).

Ao avaliar somente a razão  $X/Y$  das dimensões dos feixes vasculares, tais valores ficaram constantemente acima de 2,0 (Figura 27). Isso acontece pois os valores de Y foram muito baixos, impactando na razão. Dessa forma, não é possível utilizar o mesmo padrão de comparação adotado para a medida anterior (distância entre o contorno do pecíolo).



**Figura 27:** Razão entre as distâncias medidas entre os feixes vasculares nos eixos X e Y, e probabilidade de a razão X/Y exceder 1,3 para *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Cada ponto representa uma observação individual; as caixas indicam o intervalo interquartil, com a mediana ao centro; a linha tracejada horizontal marca o limiar 1,3. Diferenças entre espécies foram avaliadas por Kruskal–Wallis e Dunn (Bonferroni), com \* indicando significância. As probabilidades (GAMLSS) representam a chance de  $X/Y > 1,3$ .

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste capítulo indicam que a anatomia foliar de *Ficus crocata*, *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta*, pertencentes à seção *Americanae* (Moraceae), apresenta características compatíveis com o padrão descrito para o gênero, como a presença de estômatos anomocíticos, ocorrência de laticíferos e cristais. No entanto, foram observadas variações em determinados atributos estruturais, especialmente na ornamentação da cutícula, bem como na presença e distribuição de tricomas e litocistos, dentre outras. Diferenças interespecíficas também foram registradas, notadamente em relação ao tipo de cera epicuticular, à disposição das camadas epidérmicas e subepidérmicas, e à distribuição de metabólitos.

O tipo de cera epicuticular é considerado um caráter geneticamente determinado, ao passo que sua quantidade e distribuição na superfície podem ser moduladas por fatores ambientais (Baker, 1982), dessa forma, o tipo de cera epicuticular apresenta valor taxonômico. Em trabalhos como os de Barthlott (1981), destaca-se que a ornamentação cuticular não constitui um caráter universal entre espécies, refletindo diferenças interespecíficas possivelmente associadas à filogenia, o que pode estar relacionado à ausência de ornamentações observada na face adaxial de *F. crocata* e *F. hirsuta* e em ambas as faces de *F. clusiifolia*. Portanto, a

diversidade nos padrões de micromorfologia da cera epicuticular e ornamentação da cutícula sugere que essas características podem contribuir para a distinção entre espécies e outros táxons, sendo necessária sua integração com outros dados anatômicos e morfológicos para inferências mais robustas (Grohar, 2023; Barthlott *et al.*, 1998, Moraes *et al.*, 2011).

A filosfera, entendida como o conjunto das superfícies dos órgãos aéreos das plantas, que atua como habitat para microrganismos, é influenciada tanto por condições ambientais, quanto por características inerentes à planta hospedeira, incluindo sua base genética e os atributos físicos e químicos da superfície foliar (Leveau, 2019; Koskella, 2020). No presente estudo, a ausência de colonização fúngica em *F. hirsuta* pode estar associada a fatores inerentes a essa espécie, embora não seja possível afirmar a existência de mecanismos específicos, dado o tamanho amostral. Além disso, a coleta exclusiva dessa espécie na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara, sugere que variações microambientais também possam ter influenciado esse padrão observado.

Como o presente estudo não contemplou a ontogenia foliar, não é possível determinar se a(s) camada(s) subepidérmica(s) observada(s) corresponde(m) a uma hipoderme, derivada do meristema fundamental, ou a uma epiderme múltipla, originada da protoderme. Diante dessa limitação, optou-se pela adoção do termo “camada(s) subepidérmica(s)” ao longo do trabalho. As denominações “hipoderme” e “epiderme múltipla” são amplamente empregadas na literatura do gênero. A presença de epiderme associada a uma ou mais camadas subepidérmicas no mesofilo, ou ainda epiderme unisseriada, é uma característica variável tanto entre espécies quanto entre as faces adaxial e abaxial de folhas de um mesmo indivíduo (Chantarasuwan *et al.*, 2014; Pangemanan *et al.*, 2022; Fatihah *et al.*, 2014; Bercu, 2015; Van Greuning *et al.*, 1984).

Souza (2014), ao analisar a anatomia foliar de 22 espécies de *Ficus* subg. *Spherosuke*, incluindo *F. crocata* e *F. clusiifolia*, registrou a ocorrência de litocistos na face adaxial em ambas as espécies e, na face abaxial, exclusivamente em *Ficus clusiifolia*, em concordância com os resultados do presente estudo. Adicionalmente, Van Greuning *et al.* (1984) destacaram que, quando os litocistos estão presentes em ambas as faces da epiderme, aqueles da face abaxial tendem a ser menores e menos frequentes, o que também se alinha às observações aqui registradas. A

presença de litocistos em uma ou em ambas as faces da epiderme condiz com estudos como os de Chantarasuwan (2014), que os observou em diferentes seções do gênero *Ficus*, o que permite concluir que a presença de litocistos em ambas as faces não pode ser considerada uma característica exclusiva de um único grupo infragenérico do gênero, em discordância com o que havia sido relatado anteriormente por Corner (1959) e Berg e Corner (2005). Ainda assim, quando esse caráter é associado a outros atributos anatômicos e morfológicos, como o número de camadas epidérmicas e a disposição das flores masculinas no sicônio, permanece relevante para a distinção de espécies (Chantarasuwan, 2014).

A observação de estômatos anomocíticos nas três espécies analisadas está de acordo com o padrão amplamente descrito para o gênero *Ficus* (Metcalf e Chalk 1950; Filho *et al.*, 1980; Filho e Neves, 1980; 1989; Souza, 2014). Contudo, no presente trabalho, os estômatos apresentam-se acima do nível das demais células epidérmicas, em discordância com os resultados de Souza (2014) para *F. crocata* e *F. clusiifolia*. Segundo o autor, os estômatos de *F. crocata* situam-se no mesmo nível das células epidérmicas (estômatos planótipos), enquanto em *F. clusiifolia* encontram-se abaixo do nível epidérmico (estômatos afundados). A altura dos estômatos em relação às demais células epidérmicas, entretanto, não apresenta, na literatura anatômica clássica, uma interpretação direta associada a relações de causalidade, podendo constituir um caráter anatômico comparativo que deve ser interpretado com cautela (Esau, 1965; Fahn, 1990).

A variação quanto ao posicionamento da base dos tricomas tectores, situada no mesmo nível das demais células epidérmicas em *F. clusiifolia* e acima desse nível em *F. crocata* e *F. hirsuta*, sugere diferenças estruturais no desenvolvimento epidérmico entre as espécies, podendo ser interpretada como uma variação anatômica interespecífica, com potencial valor comparativo, mas sem associação ecológica direta bem estabelecida na literatura (Esau, 1965; Fahn, 1990; Metcalfe & Chalk, 1950; Xiao *et al.*, 2017).

A presença de tricomas tectores multicelulares na face adaxial do terço médio de *F. clusiifolia*, com cerca de cinco células, amplia a diversidade morfológica dessas estruturas entre as espécies estudadas, reforçando a heterogeneidade anatômica do gênero. Além disso, tricomas glandulares foram registrados em *F. crocata*, em ambas as faces epidérmicas do terço médio, além da nervura central, sendo multicelulares

no pecíolo. Em *F. hirsuta*, foram observados apenas na face abaxial do terço médio. Essas diferenças quanto ao tipo e à distribuição dos tricomas evidenciam variações interespecíficas consistentes, indicando potencial valor diagnóstico dessas estruturas, especialmente quando analisadas em conjunto com outros caracteres anatômicos foliares (Metcalf & Chalk, 1950; Fahn, 1990; Xiao *et al.*, 2017).

Caracteres como o número de camadas epidérmicas, a espessura da cutícula, a presença e o tipo de tricomas, bem como a ocorrência e a posição dos litocistos, têm se mostrado fundamentais na proposição de chaves dicotômicas para espécies do gênero *Ficus*. Nesse contexto, o estudo de Binnoubah *et al.* (2023), ao analisar doze espécies de *Ficus*, integrou dados anatômicos foliares a evidências moleculares, e foi observado que essa integração permite a identificação consistente de espécies e subgêneros.

O mesofilo em espécies do gênero *Ficus* é tipicamente dorsiventral (Solleder, 1908; Metcalf e Chalk, 1950); contudo, as espécies analisadas apresentaram mesofilo isobilateral. Por outro lado, os resultados aqui obtidos estão em concordância com o estudo de Mello *et al.* (1982), ao relatarem que células menores constituem a camada interna do parênquima paliçádico em *Ficus religiosa*, pertencente ao subgênero *Spherosuke*. Conforme foi observado por Binnoubah *et al.* (2023), Sonibare e Jaycola (2006) e Souza (2014), a variação no número de camadas de parênquima paliçádico entre espécies do gênero mostra-se um caráter notório para a diferenciação de subgêneros e espécies do gênero *Ficus*, além do tipo de mesofilo, associado à presença ou ausência de cristais nessas células e à presença ou ausência de bainha do feixe vascular no mesofilo, entre outros caracteres anatômicos foliares.

A presença de cristais do tipo drusa e prismático foi observada em todas as estruturas foliares analisadas nas três espécies estudadas, em concordância com o proposto por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012), que indicam a ocorrência de cristais no pecíolo como um caráter relevante para o reconhecimento de espécies pertencentes ao subgênero *Spherosuke*. Segundo esses autores, tal característica estaria ausente nas espécies do subgênero *Pharmacosycea*, sendo considerada um dos atributos diagnósticos mais importantes para a distinção entre esses grupos.

Entretanto, essa delimitação não se mostra consistente quando confrontada

com outros estudos anatômicos. Souza (2014) aponta que algumas espécies atualmente alocadas no subgênero *Spherosuke* não apresentam cristais monoprismáticos e nem tipo drusa na nervura central e no pecíolo. Entre as espécies que não foram observados cristais de nenhum dos dois tipos no pecíolo, destaca-se *F. clusiifolia*, espécie na qual, diferentemente do relatado por Souza (2014), foi constatada a presença de cristais no presente estudo.

Adicionalmente, Coelho (2013), ao analisar 11 espécies do subgênero *Pharmacosycea* provenientes do Brasil e da Venezuela, registrou a ocorrência de cristais no pecíolo e na nervura central em cinco das espécies investigadas, além de observar drusas no mesofilo em grande parte das espécies estudadas, contrariando a proposição de ausência desse caráter nesse subgênero. Esses resultados evidenciam que a presença de cristais apresenta variação intraespecífica e entre um mesmo subgênero, o que limita seu valor diagnóstico para a distinção entre os subgêneros em questão. Ainda assim, sua variação morfológica e distribuição nos tecidos foliares indicam potencial utilidade na distinção de espécies, especialmente quando integrada a outros caracteres anatômicos.

Os laticíferos presentes em espécies da família Moraceae, em sua maioria, vinham sendo classificados como não-articulados, ramificados ou não, e a presença dessa estrutura secretora é amplamente reconhecida como caráter diagnóstico familiar (Esau, 1965; Fahn, 1990; Metcalfe e Chalk, 1950). Diferenças quanto ao tipo e à organização desses sistemas secretores não têm sido utilizadas de maneira sistemática na delimitação de grupos nessa família (Fahn, 1979; Metcalfe e Chalk, 1950).

No entanto, alguns estudos indicam que determinadas espécies, incluindo representantes do gênero *Ficus*, apresentam laticíferos articulados, como observado em *F. retusa* (Milanez, 1954) e *F. montana* (Marinho e Teixeira, 2019), evidenciando que a ocorrência de laticíferos não articulados não é totalitária em Moraceae. Em nosso estudo, apontamos a ocorrência de laticíferos articulados não ramificados nas três espécies analisadas. Todavia, possivelmente, mais análises seriam necessárias para comprovar essa característica, mas como não é o foco principal do nosso trabalho, não foram realizados maiores estudos para a maior assertividade dessa informação.

O uso predominante de material herborizado nos estudos de Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) pode ter levado a observação de artefatos decorrentes do processo de desidratação, potencialmente influenciando a interpretação do contorno do pecíolo e características inerentes a nervura central. Alterações estruturais associadas à herborização, como colapso celular e distorções teciduais, são amplamente reconhecidas na literatura anatômica (Esau, 1965; Fahn, 1990; Evert, 2006). Dessa forma, esses fatores podem contribuir para classificações divergentes daquelas obtidas a partir de material fresco, somando-se à ausência de explicitação clara dos critérios adotados pelos autores.

Em relação à distribuição dos feixes vasculares tanto no pecíolo quanto na nervura, a ausência de informações sobre a região amostrada (proximal, mediana ou distal) compromete a reprodutibilidade das análises dos referidos estudos. Isso pode ser observado de forma ainda mais acentuada na nervura central, pois apresenta variações estruturais ao longo de seu comprimento, tanto na quantidade quanto na disposição dos tecidos vasculares pela variação da vascularização em relação aos feixes principais, assim como em relação ao floema medular (Esau, 1965; Evert, 2006; Mantovani *et al.*, 2009). Nesse contexto, a padronização das amostras, incluindo o tipo de material utilizado e a área analisada, mostra-se fundamental para a obtenção de dados comparáveis e robustos.

Ainda que a herborização possa afetar diferentes tecidos, estruturas mais lignificadas, como aquelas associadas ao sistema vascular, tendem a ser menos suscetíveis a alterações estruturais significativas quando comparadas a tecidos parenquimáticos (Esau, 1965; Evert, 2006). Assim, a distribuição dos feixes vasculares pode representar um caráter relativamente mais estável.

Dessa forma, os valores utilizados no presente trabalho para as análises estatísticas baseiam-se no estudo de Coelho (2013), que buscou atribuir um caráter quantitativo à análise do contorno do pecíolo. O autor argumenta que, em seu estudo, o contorno do pecíolo e a distribuição dos feixes vasculares não se mostraram critérios válidos para a separação das espécies das subseções *Bergianae* e *Petenenses*, pertencentes ao subgênero *Pharmacosycea*. Esse resultado contrasta com o trabalho de Carvajal (2012), no qual propõe-se o uso da forma do sistema vascular para a classificação entre essas duas subseções.

Em nosso estudo, os resultados obtidos em relação ao contorno do pecíolo estão baseados tanto em aspectos visuais, quanto em análises estatísticas e observamos uma estreita relação entre o contorno do pecíolo oval e a disposição dos feixes vasculares em arco, assim como entre o contorno circular do pecíolo e a organização dos feixes em anel. Considerando que, em *F. crocata*, tal organização havia sido classificada como arco por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012), a espécie foi incluída na subseção *Villaregales*, o que diverge dos resultados obtidos neste estudo. Por outro lado, *F. clusiifolia* e *F. hirsuta* (que não haviam sido analisadas nesses estudos) poderiam ser inclusas nessa subseção com base nos resultados aqui obtidos, uma vez que esse é o único caractere proposto para a distinção entre esses dois grupos.

No gênero *Ficus*, alguns trabalhos já apontam variações no número de camadas de colênquima entre espécies na nervura central e no pecíolo (Araújo *et al.*, 2014), bem como diferenças no parênquima e no colênquima dessas regiões, utilizadas na identificação de *F. auriculata* (Amri *et al.*, 2024) e demonstram a aplicabilidade desses dados para a distinção de espécies do gênero, associadas a outras características. Considerando que a quantidade desses tipos celulares influencia diretamente o arranjo estrutural do pecíolo e da nervura central, esse caráter pode apresentar relevância taxonômica ao refletir padrões de organização dos tecidos vegetais, conforme observado por Sandoval-Zapotitla *et al.* (2025) que, ao estudar espécies da família Fabaceae, demonstraram que caracteres anatômicos quantitativos do pecíolo, como o número de camadas de colênquima, são aplicáveis à distinção entre três espécies do gênero *Lupinus*.

A presença de floema medular nas três espécies, independentemente da classificação do sistema vascular do pecíolo como em arco ou em anel, indica que a distinção entre esses padrões pode ser realizada de forma mais precisa quando baseada exclusivamente nos demais critérios estruturais que os definem. Assim, feixes organizados em forma de ferradura, próximos entre si e com abertura voltada para a face adaxial, são aqui interpretados como dispostos em arco, enquanto aqueles com distribuição arredondada, espaçamento mais regular, menor volume e, principalmente, ausência de lacuna voltada para a face adaxial, são classificados como dispostos em anel, seguindo, em partes, o que foi proposto por Coelho (2013).

A presença de floema medular é reconhecida há décadas em estudos

anatômicos do gênero *Ficus* (Metcalf e Chalk, 1950; Mello Filho e Neves, 1982). Nesse contexto, Souza (2014) empregou a quantidade de floema medular na nervura central e no pecíolo como caráter para a elaboração de uma chave de identificação de espécies. Os valores registrados por ele para *F. clusiifolia*, com cinco a nove cordões na medula da nervura, e para *F. crocata*, com aproximadamente 20 cordões, são compatíveis com os observados no presente estudo, assim como os cordões na nervura de *F. clusiifolia*. No entanto, o número de cordões observados na medula do pecíolo em nosso estudo em relação a *F. crocata*, difere consideravelmente da pesquisa de Souza (2014). Segundo o autor, esse caráter apresenta valor taxonômico promissor para o subgênero *Sperosuke*, tendo sido utilizado com sucesso na distinção de espécies, assim como observado por Coelho (2013) em espécies da seção *Pharmacosycea*. No entanto, Coelho (2013) ressalta a necessidade de estudos mais amplos sobre a sua quantidade e disposição, uma vez que essa abordagem foi aplicada pela primeira vez em seu trabalho.

Em nosso estudo, consideramos que os idioblastos observados seriam as células com pigmento mencionadas por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012). Dessa forma, observamos resultados divergentes do que foi proposto para subgênero *Sperosuke* em relação presença de células com coloração amarela nas três espécies, que não foram relatadas nos estudos de Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012) para o subgênero. Todavia, a presença de células com coloração marrom está de acordo com a coloração castanha descrita nesses estudos. Os pigmentos observados provavelmente indicam o acúmulo de substâncias variadas, que ocasionam as diferentes colorações observadas. Destarte, em nosso estudo, buscamos relacionar os pigmentos observados *in natura* com os testes histoquímicos, assim como traçar um perfil acerca dos metabólitos presentes.

De modo geral, os metabólitos secundários desempenham funções essenciais nas plantas, sobretudo relacionadas à defesa e à manutenção estrutural (Appezato e Guerreiro, 2006; Taiz e Zeiger, 2009; Esau, 1977). Foi possível verificar a presença de alcaloides e substâncias fenólicas nas espécies analisadas no presente estudo, corroborando registros prévios para outras espécies do gênero *Ficus* (Cardoso, 2026; Cruz *et al.*, 2022). Em *F. crocata*, já foi relatada atividade antitumoral desses compostos em ensaios com células de câncer de mama (Cayetano-Salazar *et al.*, 2022). A marcação positiva para alcaloides em cristólitos de *F. hirsuta* pode

evidenciar uma associação entre aspectos físicos e químicos atuando em defesa contra patógenos. Do ponto de vista funcional e medicinal, fenóis apresentam reconhecida atividade antioxidante, já descrita em folhas (Alcántara *et al.*, 2020) e no látex (Shahinuzzaman *et al.*, 2020) de *F. carica*, além de efeitos anti-inflamatórios (Cheng *et al.*, 2017) e antineuroinflamatórios, como observado em *F. hirta* (Ye *et al.*, 2020).

Lipídeos são comumente encontrados na cutícula e em laticíferos na forma de partículas de borracha em espécies do gênero *Ficus*, como *F. cyclophylla*, *F. elliotiana* e *F. caatingae*, pertencentes à seção *Americanae* (Araújo *et al.*, 2014). Nessas mesmas espécies, foram ainda registrados alcaloides e substâncias fenólicas no tecido foliar, evidenciando a complexidade química associada ao látex.

A presença de mucopolissacarídeos foi evidenciada apenas na lamela média das paredes celulares, indicando que sua principal função, nas espécies analisadas, é estrutural, sem evidências de acúmulo de mucilagens nas folhas. A presença de pectinas nos cystólitos de *F. crocata* e *F. clusiifolia*, associada em *F. clusiifolia* à marcação positiva para lipídeos, pode estar relacionada a mecanismos de defesa vegetal (Apezzato e Guerreiro, 2006). Em espécies de *Ficus*, polissacarídeos apresentam propriedades antitumorais e antioxidantes (Kang *et al.*, 2006; Taviano *et al.*, 2018).

Dessa forma, a diversidade química observada neste estudo possivelmente está relacionada à heterogeneidade química do látex das espécies analisadas, uma vez que, conforme salientam Apezzato e Guerreiro (2006), “a composição química do látex varia entre as espécies em que ocorre”. Assim, a presença de diferentes classes de metabólitos secundários, bem como sua distribuição em idioblastos, pode representar uma fonte complementar de caracteres para estudos taxonômicos.

A marcação mais diferencial observada no presente trabalho foi relacionada aos polissacarídeos, os quais já foram apontados como metabólitos de potencial valor taxonômico em estudos que analisaram a composição monossacarídica da parede celular de sementes da família Vochysiaceae (Mayworm *et al.*, 2000). Esses autores demonstraram que tais compostos podem auxiliar na distinção de grupos, corroborando proposições anteriores feitas por Carpita (1996) e Dietrich (1998). Ressalta-se, entretanto, que esses trabalhos envolveram análises químicas detalhadas da composição e da estrutura fina dos polissacarídeos, o que difere de

abordagens histoquímicas.

Nos estudos citados, a aplicação de polissacarídeos como marcadores taxonômicos refere-se principalmente à parede celular; já no presente trabalho, observou-se seu acúmulo em idioblastos. Ainda assim, a marcação diferencial registrada pode indicar a viabilidade desse caráter como evidência química complementar em estudos taxonômicos, sobretudo quando integrada a outros tipos de dados anatômicos, morfológicos e moleculares.

### CONCLUSÃO

Com base nas análises morfoanatômicas e histoquímicas das folhas, foi possível corroborar a relevância desses estudos já citada na literatura, especialmente para o levantamento de informações aplicáveis à taxonomia em subdivisões do gênero *Ficus*. As análises realizadas por Microscopia Óptica (com material sem corante e sob diferentes reagentes), Estereomicroscopia e Microscopia Eletrônica de Varredura geraram dados úteis para a sistemática do gênero e da seção *Americanae*.

Diversas características observadas vão de encontro ao que já vinha sendo relatado na literatura para espécies do gênero e que foram observadas entre as três espécies analisadas, como a presença de estômatos anomocíticos, laticíferos, tricomas e células contendo pigmentos. Em relação ao reconhecimento de espécies do subgênero *Spherosuke*, características como a ocorrência de cristais, observada nas três espécies, vai de encontro ao que foi proposto na literatura. No entanto, esse é um aspecto que não está sedimentado para a separação de espécies entre esse subgênero e o *Pharmacosycea*, que não os possuiria, conforme havia sido proposto por Carvajal e Shabes (2006) e Carvajal (2012).

As espécies analisadas apresentam um conjunto de características anatômicas e histoquímicas que permitem sua distinção com base em combinações de caracteres estruturais e químicos. Entre os atributos mais relevantes, destacam-se aqueles relacionados à epiderme, ao sistema vascular e à distribuição de metabólitos.

*Ficus clusiifolia* distingue-se principalmente pela presença de cera epicuticular em camada contínua e em grânulos, associada à cutícula lisa na face abaxial, diferindo das demais espécies, que apresentam cutícula fortemente ornamentada. A epiderme abaxial é unisseriada com camada subepidérmica descontínua, e há

presença de litocistos, ao contrário de *Ficus crocata* e *Ficus hirsuta*. Além disso, os tricomas tectores apresentam base no mesmo nível das demais células epidérmicas, enquanto nas outras espécies essa base se encontra elevada. O pecíolo apresenta contorno oval e feixes vasculares dispostos em arco, além da presença de feixes vasculares adicionais, que é uma característica ausente nas demais espécies. Do ponto de vista histoquímico, diferencia-se ainda pela presença de lipídeos e polissacarídeos no córtex e na medula da nervura central, padrão também observado no pecíolo, o que não ocorre nas demais espécies de forma equivalente.

*Ficus crocata* pode ser reconhecida pela combinação de caracteres relacionados principalmente ao sistema vascular e aos tricomas. Apresenta cera epicuticular em grânulos esparsos e cutícula fortemente ornamentada na face abaxial, com estrias radiais ao redor dos estômatos. A epiderme abaxial é unisseriada e sinuosa, sem registro de litocistos. Diferencia-se claramente das demais espécies pela presença de tricomas glandulares em ambas as faces da lâmina foliar, além de tricomas glandulares no pecíolo, característica exclusiva entre as espécies analisadas. No pecíolo, apresenta contorno circular e feixes vasculares organizados em anel, padrão distinto de *F. clusiifolia* e *F. hirsuta*. Adicionalmente, possui maior número de cordões de floema medular, reforçando sua distinção anatômica. Os idioblastos são menos abundantes e apresentam coloração variando entre amarelo e marrom claro.

*Ficus hirsuta* compartilha com *F. crocata* a presença de cutícula abaxial espessa e ornamentada, porém distingue-se pela presença de cera epicuticular em placas, e não em grânulos. A epiderme abaxial é unisseriada com camada subepidérmica descontínua, semelhante à de *F. clusiifolia*, porém sem ocorrência de litocistos. Os tricomas tectores apresentam base acima do nível das demais células epidérmicas, assim como em *F. crocata*, mas os tricomas glandulares estão restritos à face abaxial da lâmina, diferentemente do padrão mais amplo observado em *F. crocata*. No pecíolo, apresenta contorno oval e feixes vasculares dispostos em arco, semelhante a *F. clusiifolia*, porém sem feixes vasculares adicionais. Além disso, apresenta menor número de cordões de floema medular. Do ponto de vista histoquímico, diferencia-se pela presença de polissacarídeos no córtex do pecíolo, não observada nas outras espécies.

De modo geral, a distinção entre as espécies baseia-se principalmente na

combinação entre tipo de cera epicuticular, ornamentação da cutícula, presença e distribuição de tricomas (especialmente glandulares), contorno e disposição dos feixes vasculares no pecíolo, presença de litocistos e padrões de distribuição de metabólitos. Esses caracteres, quando analisados de forma integrada, demonstram elevado potencial diagnóstico para a delimitação de espécies no gênero *Ficus*.

Valores superiores a 1,3 para a razão entre os eixos X e Y permitiram caracterizar o contorno oval do pecíolo, conforme proposto na literatura. Com base nesse critério, *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta* apresentaram contorno oval, enquanto *Ficus crocata* foi classificada com contorno circular. A aplicação desse mesmo parâmetro para a definição da disposição dos feixes vasculares mostrou-se inconsistente; ainda assim, observou-se correspondência entre essas características, com contorno oval associado a feixes em arco e contorno circular a feixes em anel. Esses padrões reforçam o potencial valor taxonômico desses caracteres.

Embora o presente estudo tenha sido conduzido com um número restrito de espécies e indivíduos, além de contemplar uma amostragem geograficamente limitada, os dados obtidos mostram-se consistentes e relevantes para a compreensão da anatomia do gênero *Ficus*. Essas limitações indicam a necessidade de ampliação amostral em estudos futuros, a fim de avaliar com maior robustez o poder diagnóstico dos caracteres analisados. Ainda assim, os resultados aqui apresentados contribuem para o avanço do conhecimento anatômico do grupo, fornecendo subsídios importantes estudos taxonômicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, C., Žugčić, T., Abdelkebir, R., García-Pérez, J. V., Jambrak, A. R., Lorenzo, J. M., Collado, M. C., Granato, D., Barba, F. J. (2020). Effects of ultrasound-assisted extraction and solvent on the phenolic profile, bacterial growth, and anti-inflammatory/antioxidant activities of Mediterranean olive and fig leaves extracts. *Molecules*. v. 25, n. 7, p. 1718
- Amri, C. N. A. C., Shahari, R., Yunus, N. S. M., Zainuzzaman, W. N. N. W., Midin, M. R., & Karim, M. F. (2024). The Anatomical Characteristics of *Ficus Auriculata* Lour. And Their Implications for Taxonomic Classification Within the Moraceae Family. *REVELATION AND SCIENCE*, 1(2).

Appezato-da-Glória, B., Carmello-Guerreiro, S. M. (2006). *Anatomia vegetal*. 2.ed. Viçosa: UFV. 438p.

Baker, E.A. (1982) Chemistry and Morphology of Plant Epicuticular Waxes. In: Cutler, D.F., Alvin, K.L. and Price, C.E., Eds., *The Plant Cuticle*, Academic Press, London, 139-166.

Barthlott, W. (1981). Características da epiderme e da superfície da semente das plantas: aplicabilidade sistemática e alguns aspectos evolutivos. *Nordian Journal of Botany*. 1(3):345-354.

Barthlott, W., Neinhuis, C., Cutler, D., Ditsch, F., Meusel, I., Theisen, I., & Wilhelm, H. (1998). Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Botanical journal of the Linnean society*, 126(3), 237-260.

Bercu, R. (2015). Anatomical aspects of *Ficus lyrata* Warb. (Moraceae) leaf. *Annales of West University of Timisoara. Series of Biology*. 18(2):107.

Berg, C.C., Corner, E.J.H. (2005). Moraceae. In: Nootboom, H.P. (ed.), *Flora Malesiana*. Ser.1, 17. Leiden: Nationaal Herbarium Nederland. p.1–730.

Binnoubah, A., Hamdy, R., Ragab, O., El-Taher, A., El-Yazied, A., Safhi, F., ... & El-Banhawy, A. (2023). Anatomical and molecular identification of ornamental plant *Ficus* L. species.

Brasil Escola (2025). Restinga: características, formação, importância — resumo de clima, solo e vegetação típicos. Disponível em: (<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/restinga.htm>). Acesso em: 22 fev. 2025.

Cardoso, F. C. (2026). Constituintes químicos e atividades biológicas das folhas e cascas do caule de *Ficus maxima* mill.(M oraceae). *arXiv preprint arXiv:2601.02420*.

Carvajal, S. (2012). Sistema para la familia Moraceae en México. *Ibugana: Boletín del Instituto de Botánica*, (3), 3-103.

Carvajal, S., Shabes, L. K. (2006). Estructura anatómica de los pecíolos de especies americanas del género *Ficus* L. (Moraceae). *Boletín IBUG*, 13(1): 49-66.

Cayetano-Salazar, L., De la Cruz-Concepcion, B., Navarro-Tito, N., Alvarez-Fitz, P., Leyva-Vazquez, M. A., Acevedo-Quiroz, M., ... & Mendoza-Catalan, M. A. (2022).

*Ficus crocata* leaf extracts decrease the proliferation and invasiveness of breast cancer cells. *Heliyon*, 8(11).

Chantarasuwan, B., Peng, Y. Q., Baas, P., Rasplus, J. Y., van Heuven, B. J. (2014). *Ficus cornelisiana*, a new species of *Ficus* subsection *Urostigma* (Moraceae) from the Sino-Himalayan region. *Blumea – Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*. 59(1):6-9.

Cheng, J., Yi, X., Chen, H., Wang, Y., He, X. (2017). Anti-inflammatory phenylpropanoids and phenolics from *Ficus hirta* Vahl. *Fitoterapia*. 121:229-234..

Coelho, V. P. D. M. (2013). *Anatomia foliar, prospecção fitoquímica e da atividade antioxidante de extratos de Ficus subgênero Pharmacosycea (Miq.) Miq.(Moraceae)*. Tese (Doutorado em Botânica, título de *Doctor Scientiae*), Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 80p.

Cruz, J. M. D. A. *et al.* (2022). *Ficus* spp.: phytochemical composition and medicinal potential. *Research, Society and Development*. 11(12).

Dietrich, S. M. C., Buckeridge, M. S., Tiné, M. A., Young, M. C. M., Bolzani, V. da S., Braga, M. R., Marques, M. R. (1998). Plant cell wall research related to evolution and chemical defenses. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 70(4):727–731.

Dickison, William C. (2000). *Integrative Plant Anatomy*. 1. ed. San Diego: Academic Press, 533 p.

Dunn, O.J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*. 6:241-252.

Esau, K. (1965). *Plant anatomy*. New York: John Wiley. 767p.

Esau, K. (1977). *Anatomy of seed plants*. 2.ed. New York: John Wiley e Sons. 550p.

Evert, R. F. (2006). *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. John Wiley & Sons.

Fahn, A. (1979). *Secretory tissues in plants*. New York: Academic Press. 302p.

Fahn, A. (1990). *Plant anatomy*. 4.ed. Oxford: Pergamon Press. 588p.

Filho, L.E.M., Figueiredo, S.F.L., Neves, L.J. (1980). Sobre a anatomia foliar de *Ficus sycomorus* L. *Revista Brasileira de Biologia*. 40(4):763-775.

- Filho, L.E.M., Neves, L.J. (1989). Anatomia foliar de *Ficus organensis* (Miq.) Miq. *Bradea*. 5(15):156-165.
- Grohar, M. C., Morales, M., Fortunato, R. H., & Rosenfeldt, S. (2023). Micromorphology of epicuticular waxes in genus *Mimosa* (Fabaceae). *Darwiniana, nueva serie*, 11(1), 5-27.
- Hollander, M., Wolfe, D.A., Chicken, E. (2013). *Nonparametric statistical methods*. New Jersey: John Wiley e Sons.
- Koskella, B. (2020). The phyllosphere. *Current Biology*. 30(19):1143-1146.
- Kang, H. J., Jo, C., Kwon, J. H., Son, J. H., An, B. J., Byun, M. W. (2006). Antioxidant and cancer cell proliferation inhibition effect of citrus pectin-oligosaccharide prepared by irradiation. *Journal of Medicinal Food*. 9(3):313–320.
- Leveau, J. H. (2019). A brief from the leaf: latest research to inform our understanding of the phyllosphere microbiome. *Current Opinion in Microbiology*. 49:41–49.
- Lima, C. S., da Silva, A. K., Vilarinho, M. P., da Silva Sousa, L. C., da Costa Santos, J. V., Araújo, J. S. (2021). Comparative leaf anatomy in Ptilochaetoids clade (Malpighiaceae): a taxonomic and phylogenetic approach. *Research, Society and Development*. 10(5):e18410514756–e18410514756.
- Mantovani, A., Pereira, T. E., & Coelho, M. A. N. (2009). Leaf midrib outline as a diagnostic character for taxonomy in *Anthurium* section *Urospadix* subsection *Flavescentiviridia* (Araceae). *Hoehnea*, 36(2), 269-277.
- Marinho, C. R., Teixeira, S. P. (2019). Novel reports of laticifers in Moraceae and Urticaceae: revisiting synapomorphies. *Plant Systematics and Evolution*. 305:13-31.
- Mayworm, M. A., Buckeridge, M. S., Salatino, A. (2000). Monomer composition of polysaccharides of seed cell walls and the taxonomy of the Vochysiaceae. *Phytochemistry*. 55(6):581–587.
- Mello Filho, L. E., Neves, L. J. (1982). Anatomia foliar de *Ficus religiosa* L. *Bradea*. 3(33):261–272.
- Metcalf, C. R., Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood structure in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Oxford: Clarendon

Press, 1500p.

Moraes, T. M. D. S., Rabelo, G. R., Alexandrino, C. R., Silva Neto, S. J. D., Da Cunha, M. (2011). Comparative leaf anatomy and micromorphology of *Psychotria* species (Rubiaceae) from the Atlantic Rainforest. *Acta Botanica Brasilica*. 25:178–190.

Nakamura, T., Taniguchi, T., & Maeda, E. (1992). Leaf anatomy of *Coffea arabica* L. with reference to domatia. *Japanese Journal of Crop Science*, 61(4), 642-650.

O'Brien, T., Feder, N. M. E. M., & McCully, M. E. (1964). Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59: 368-373.

Pangemanan, E. F., Ratag, S. P., Lasut, M. T. (2022). Comparative anatomy of leaves of several types of *Ficus*. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*. 3(2):382–387.

R Core Team (2026). *R: a language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing.

Rigby, R. A., Stasinopoulos, D. M. (2005). Generalized additive models for location, scale and shape (with discussion). *Applied Statistics*. 54(3):507–554.

Sandoval-Zapotitla, E., Ramos, M. C. G., Espinoza, R. V., Tapia, W. V. V., del Ángel, A. I. C., Zamora, A. V., & Torres, K. B. (2025). Anatomical-foiar diversity in three species of *Lupinus* L. (Fabaceae) from central Mexico and its taxonomic implications. *Flora*, 329, 152758.

Shahinuzzaman, M., Yaakob, Z., Anuar, F. H., Akhtar, P., Kadir, N. H. A., Hasan, A. K. M., Sobayel, K., Nour, M., Sindi, H., Amin, N., Sopian, K., Akhtaruzzaman, M. (2020). In vitro antioxidant activity of *Ficus carica* L. latex from 18 different cultivars. *Scientific Reports*. 10(1):1–14.

Shapiro, S. S., Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52(3/4):591–611.

Solereder, H. (1908). *Systematic anatomy of the dicotyledons*. v.1. Oxford: Clarendon Press. 644p.

Sonibare, M. A., Jaycola, E. A. (2006). Comparative leaf anatomy of *Ficus* Linn. species (Moraceae) from Nigeria. *Journal of Applied Science*. 6:3016–3025.

Souza, P. P. D. (2014). *Morfoanatomia foliar de Ficus subgênero Urostigma (Gasp.)*

*Miq. e estudo etnobotânico de Ficus L.(Moraceae)*. Tese (Doutorado em Botânica - título de *Doctor Scientiae*), Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 197p.

Taiz, L.; Zeiger, E. (2009). *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 848 p.

Taviano, M. F., Rashed, K., Filocamo, A., Cacciola, F., Dugo, P., Mondello, L., Miceli, N. (2018). Phenolic profile and biological properties of the leaves of *Ficus vasta* Forssk. (Moraceae) growing in Egypt. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 18(1):161.

Van Greuning, J. V., Robbertse, P. J., Grobbelaar, N. (1984). The taxonomic value of leaf anatomy in the genus *Ficus*. *South African Journal of Botany*. 3(5):297–305.

Xiao, K., Mao, X., Lin, Y., Xu, H., Zhu, Y., Cai, Q., Zhang, J. (2017). Trichome, a functional diversity phenotype in plant. *Molecular Biology*. 6(1):183.

Ye, X., Tian, W., Wang, G., Zhang, X., Zhou, M., Zeng, D., Liu, X., Yao, X., Zhang, Y., Chen, H. (2020). Phenolic glycosides from the roots of *Ficus hirta* and their antineuroinflammatory activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 68(14):4196–4204.

**CAPÍTULO 2**  
**CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DO LENHO DE *FICUS* SECT.**  
***AMERICANA* (MORACEAE)**

## INTRODUÇÃO

A anatomia do lenho tem sido amplamente reconhecida como uma fonte consistente de informações relevantes para estudos taxonômicos, filogenéticos e ecológicos. Seu valor taxonômico se deve ao fato de que muitos de seus atributos apresentam relativa estabilidade ontogenética e baixa plasticidade em resposta às variações ambientais (Baas *et al.*, 2004; Coradin e Camargos, 2002; Dickison, 2000; Ferreira, 2024; Metcalfe e Chalk, 1950; Victorino, 2024).

A anatomia do xilema resulta da interação entre restrições filogenéticas, que delimitam o padrão estrutural característico de cada grupo, e fatores ambientais, que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Essas interações podem gerar respostas plásticas na formação do xilema secundário, especialmente em caracteres quantitativos, que tendem a ser mais sensíveis às condições ambientais (Baas *et al.*, 2004; Carlquist, 2013; Chave *et al.*, 2009; Tyree e Zimmermann, 2002).

Nesse contexto, caracteres qualitativos do lenho, como o tipo de placas de perfuração, a distribuição dos elementos de vaso, a organização do parênquima axial, a estrutura dos raios e a presença de cristais ou laticíferos, têm sido utilizados com sucesso em estudos taxonômicos e comparativos, inclusive em níveis infragenéricos (Castelar, 2014; Coradin e Camargos, 2002; Jahanbanifard *et al.*, 2020; Wheeler *et al.*, 1989). Características quantitativas também podem contribuir para a distinção entre espécies, principalmente quando analisadas estatisticamente, permitindo a identificação de padrões estruturais nas amostras (He *et al.*, 2020).

Em ecossistemas de restinga, sujeitos a intensa pressão antrópica, ampliar o conhecimento sobre a diversidade vegetal é fundamental para subsidiar estratégias de manejo e conservação. Nesse contexto, estudos anatômicos do lenho podem auxiliar na identificação de espécies, contribuindo para o reconhecimento de material botânico, além de serem relevantes para a delimitação de grupos taxonômicos (Baas *et al.*, 2004; Carlquist, 2013; Chave *et al.*, 2009). Adicionalmente, esses estudos podem auxiliar na compreensão dos impactos das atividades humanas sobre os recursos naturais e na avaliação da vulnerabilidade das espécies (Baas *et al.*, 2004; Carlquist, 2013; Chave *et al.*, 2009; Hoffmann *et al.*, 2025).

No entanto, em Moraceae, e particularmente no gênero *Ficus*, o estudo

anatômico do lenho ainda é relativamente escasso quando comparado a abordagens morfológicas e foliares, sendo frequentemente restrito a descrições gerais ou a levantamentos regionais (Koek-Noorman *et al.*, 1984; Melo *et al.*, 2018; Metcalfe e Chalk, 1950; Parra, 2014).

A madeira de indivíduos do gênero *Ficus* desempenha um papel crucial em diversos ecossistemas e apresentam características que a tornam relevante para várias aplicações, como a fabricação de móveis, canoas e celulose. Pesquisas indicam que essas espécies, conhecidas por sua adaptabilidade e resistência, são fundamentais para a sustentabilidade ambiental, oferecendo abrigo e alimento para uma variedade de fauna (Adeniyi *et al.*, 2013).

Nesse íterim, o estudo da anatomia do lenho em espécies de *Ficus* configura-se como uma abordagem promissora para a identificação de caracteres com potencial valor taxonômico e para a ampliação do conhecimento sobre a diversidade estrutural do gênero. Essa abordagem é particularmente relevante para espécies de *Ficus* sect. *Americanae*, cuja delimitação taxonômica ainda apresenta lacunas.

Assim, espera-se que a caracterização anatômica do lenho de *Ficus hirsuta* e a ampliação das informações disponíveis para *Ficus clusiifolia* e *Ficus crocata* poderá possibilitar a identificação de caracteres com potencial valor taxonômico, contribuindo para a distinção entre essas espécies e para estudos comparativos dentro de *Ficus* sect. *Americanae*. Adicionalmente, espera-se também observar variações anatômicas interespecíficas, possivelmente associadas a diferenças microambientais entre as áreas de coleta. Além disso, espera-se observar possíveis diferenças, principalmente quantitativas, em relação a descrições previamente publicadas para *Ficus crocata* e *Ficus clusiifolia*, considerando que esses estudos foram realizados com material botânico proveniente de áreas florestais de Mata Atlântica, que possuem condições ambientais contrastantes com áreas de restinga. Ressalta-se, por fim, que nenhuma das espécies analisadas possui, até o momento, descrições anatômicas do lenho disponíveis no banco de dados *InsideWood*.

## **METODOLOGIA**

### *Coleta de material botânico*

Para as análises anatômicas do lenho, a coleta foi realizada por métodos não destrutivos, utilizando a sonda de Pressler à altura de 1,30 m do solo. Os corpos de prova foram obtidos do alburno, sendo retirado um por indivíduo.

A coleta foi feita nos mesmos indivíduos utilizados nas análises foliares, totalizando três indivíduos de cada uma das três espécies estudadas. Os indivíduos de *Ficus hirsuta* foram encontrados apenas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara. Dois indivíduos de *Ficus crocata* e um de *Ficus clusiifolia* foram coletados no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Já um indivíduo de *F. crocata* e dois de *F. clusiifolia* foram amostrados no Parque Natural Municipal do Mico-Leão-Dourado.

A porção do material destinada às análises laboratoriais foi submetida à secagem em estufa e posteriormente armazenada em álcool 70% no congelador, a fim de garantir sua preservação (Johansen, 1940). Os materiais que não foram submetidos a esse procedimento apresentavam desagregação (“esfarelamento”) durante o seccionamento em micrótomo.

O material destinado à Xiloteca também foi completamente seco em estufa, sendo posteriormente depositado e registrado na coleção.

### *Anatomia do lenho*

As amostras de alburno foram seccionadas (15-20  $\mu\text{m}$  de espessura) nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial (Coradin e Muniz, 1992), utilizando micrótomo de deslize (SM2010 R, LEICA, Alemanha). Os cortes foram brevemente lavados em hipoclorito de sódio 50%, depois em água acidulada 0,1% e desidratados em série alcóolica (50-100%), antes da dupla coloração 1:9 em Azul de Astra e Safranina aquosa (Safrablau), seguido de imersão em Acetato de Butila. As lâminas permanentes foram confeccionadas com resina sintética Entelan® (Merck) (Johansen, 1940; Sass, 1958; Burger e Richter, 1991).

A partir das lâminas montadas, foram mensurados os seguintes atributos: frequência de elementos de vaso, número de elementos de vaso agrupados, diâmetro tangencial e radial dos elementos de vaso, área aproximada do elemento de vaso, raios por milímetro linear, comprimento e largura dos raios, abertura da pontoação raio-vascular e abertura da pontoação intervascular. Posteriormente, as lâminas

foram depositadas no acervo da Xiloteca Doutora Cecília Gonçalves Costa, da UENF.

Para as mensurações de espessura da parede, diâmetro, lúmen e comprimento das fibras e comprimento dos elementos vasculares, os corpos de prova foram reduzidos a fragmentos menores, e depois submetidos ao processo de dissociação e maceração pelo método de Franklin (1945) modificado (Kraus e Arduin, 1997), corado com Safranina aquosa 1% para confecção de lâminas semipermanentes.

As descrições, contagens e mensurações dos elementos celulares seguiram as recomendações adotadas pelo International Association of Wood Anatomists Committee (IAWA, 1989).

Para verificar as relações exercidas pelo ambiente sobre os parâmetros do lenho, foram calculados os índices de vulnerabilidade (IV) na Equação 1 (Eq.1) e mesomorfia (IM) na Equação 2 (Eq.2), segundo os cálculos descritos por Carlquist (1997; 2001).

Eq. (1)  $IV = \text{diâmetro tangencial dos elementos de vaso} / \text{frequência dos elementos de vaso}$

Eq. (2)  $IM = IV \times \text{comprimento dos elementos de vaso}$

Para avaliar o padrão de organização dos elementos de vaso do xilema, foi calculado o índice de agrupamento dos elementos de vaso (IAV), conforme descrito na Equação 3 (Eq.3), proposta por Carlquist (1997; 2001).

Eq. (3)  $IAV = \text{elementos de vaso por milímetro quadrado} / \text{elementos de vaso agrupados}$

A análise foi realizada com o auxílio do microscópio óptico (Axioplan, ZEISS, Alemanha) e as imagens foram obtidas com o auxílio de uma câmera de vídeo (Moticam Pro 282B, Hong Kong) acoplada ao microscópio. As mensurações foram feitas utilizando o software Image Pro Plus.

#### *Densidade da madeira*

A densidade da madeira foi calculada medindo o volume fresco das amostras de madeira pelo deslocamento de uma coluna de água (Williamson e Wiemann,

2010). As amostras foram imersas em um béquer contendo água em cima de uma balança digital. O volume da amostra foi calculado baseado no peso da água deslocada (por exemplo,  $1\text{g} = 1\text{ cm}^3$ ). A massa seca foi obtida por secagem das amostras em estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  por 72 horas. Com esses dados, a fórmula utilizada para determinar a densidade da madeira foi a da Equação 4:

$$\text{Eq. (4) } D_m = M_s/V_d$$

Onde  $D_m$  = densidade da madeira ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ),  $M_s$  = massa seca, e  $V_d$  = volume deslocado.

### *Análises estatísticas*

Assim como os dados acerca da medição do pecíolo, aqueles obtidos em relação às medições do lenho foram analisados no software R versão 4.5.1 (R Core Team, 2026), utilizando os pacotes “ggplot2”, “ggpubr” e “rstatix”. Para os dados referentes aos parâmetros morfológicos das espécies em estudo, foram realizadas análises de normalidade das amostras, avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ) (Shapiro e Wilk, 1965). Para valores com distribuição normal, as espécies foram comparadas entre si por meio da Análise de Variância, seguida de teste post-hoc de Tukey ( $p = 0,05$ ). Caso atestada a ausência da normalidade, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (Hollander; Wolfe, Chicken, 2013) seguido de teste post-hoc de Dunn ( $p = 0,05$ ), com ajuste Bonferroni dos valores de  $p$  (Dunn, 1964).

## **RESULTADOS**

### *Descrição anatômica*

#### ***Ficus clusiifolia***

- Densidade

A espécie apresentou densidade média do lenho de  $0,34\text{ g/cm}^3$ , sendo considerada baixa.

- Camadas De Crescimento

As camadas de crescimento foram consideradas indistintas ou ausentes (Figura 28 A).

- Elementos De Vaso

Os elementos de vaso apresentam porosidade difusa, com frequência média de 2 elementos de vaso/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso ocorrem de forma solitária ou múltipla, agrupados em arranjos radiais de duas a quatro células (Figura 28 A), e possuem contorno circular a oval (Figuras 28 A, D e E), com placas de perfuração simples (Figura 28 J). O comprimento médio é de 285,61 µm, o diâmetro tangencial médio de 167,80 µm, o diâmetro radial médio de 196,37 µm e a área média aproximada de 31.621,76 µm<sup>2</sup>. A espessura média da parede é de 4,34 µm, e o índice de agrupamento é de 1,21 µm.

As pontoações intervasculares são alternas e poligonais, com diâmetro tangencial médio de 7,58 µm, apresentando tamanho mediano (Figura 28 F). As pontoações raio-vasculares possuem borda reduzida e tamanho variável, com diâmetro tangencial médio de 6,82 µm (Figura 28 G). Foram observadas tiloses em elementos de vaso (Figura 28 D). Apêndices, quando presentes, foram observados em uma ou nas duas extremidades (Figuras 28 I e J).

O índice de vulnerabilidade foi de 98,11, e o índice de mesomorfia foi 27.613,93.

- Fibras

Fibras libriformes, não septadas (Figuras 28 B e C) com comprimento médio de 1.189,71 µm, diâmetro médio de 19,81 µm, lúmen de 13,75 µm e espessura média da parede de 3,03 µm, sendo fina a espessa; as pontoações são do tipo simples (Figura 28 H).

- Parênquima Axial

Parênquima axial paratraqueal em faixas tangenciais com três ou mais células (Figura 28 A).

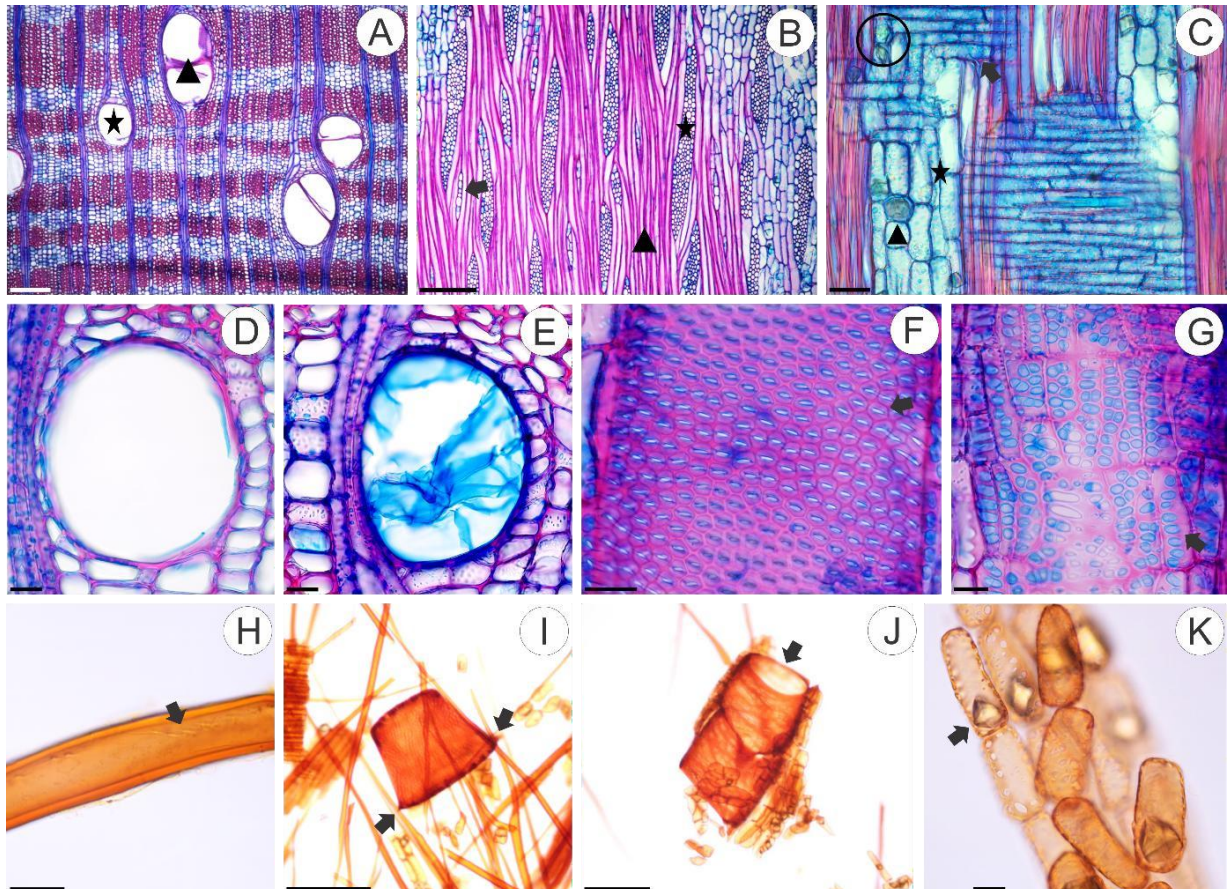
- Parênquima Radial

Os raios são heterocelulares integrados por fileiras de células eretas e quadradas nas margens e procumbentes no corpo (Figura 28 C). Os raios são unisseriados e multisseriados, com 2 a 7 células de largura (Figura 28 B); frequência

média de 6 raios/mm; altura média de 415,86  $\mu\text{m}$  e largura média de 62,79  $\mu\text{m}$ .

- Outros Caracteres

Presença de um a dois cristais prismáticos em células eretas e quadradas do raio (Figuras 28 C e K).



**Figura 28:** Anatomia do lenho de *F. clusiifolia* em seção Transversal (A, D, E), Longitudinal Tangencial (B, F), Longitudinal Radial (C, G) e Macerado (H - K). **A:** Elementos de vaso de distribuição difusa não uniforme, solitários (estrela) ou agrupados (triângulo). **B:** Fibras não septadas (triângulo), além de raios unisseriados (seta) e multisseriados (estrela). **C:** Raio heterogêneo composto por células procumbentes (seta), eretas (estrela), quadradas (triângulo) e presença de cristais prismáticos (círculo). **D:** Contorno circular do elemento de vaso. **E:** Contorno oval do elemento de vaso e presença de tilose. **F:** Pontoações intervasculares alternadas e poligonais (seta). **G:** Pontoações raio-vasculares com borda reduzida e tamanho irregular (seta). **H:** Fibra apresentando pontoações simples (seta). **I:** Elemento de vaso com apêndices em ambas as extremidades (setas). **J:** Dois elementos de vaso unidos, com um apêndice cada, com placa de perfuração simples (seta). **K:** Cristais presentes em células do parênquima (setas). **Barras de escala:** A, B, I e J = 200  $\mu\text{m}$ ; C = 50  $\mu\text{m}$ ; D - H, K = 20  $\mu\text{m}$ .

### ***Ficus crocata***

- Densidade

A espécie apresentou densidade média do lenho de 0,33  $\text{g}/\text{cm}^3$ , dessa maneira foi considerada como com densidade baixa.

- Camadas De Crescimento

As camadas de crescimento foram consideradas indistintas ou ausentes (Figura 29 A).

- Elementos De Vaso

Os elementos de vaso apresentam porosidade difusa, com frequência média de 3 elementos de vaso/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso ocorrem de forma solitária ou múltipla, dispostos em arranjos radiais de duas a quatro células, e exibem contorno circular a oval (Figura 29 A), com placa de perfuração simples (Figura 29 H). O comprimento médio é de 306,99 µm, o diâmetro tangencial médio de 127,87 µm, o diâmetro radial médio de 159,43 µm e a área média aproximada de 19.434,91 µm<sup>2</sup>. A espessura média da parede é de 3,76 µm, e o índice de agrupamento é de 1,42 µm.

As pontoações intervasculares são alternas e poligonais, com diâmetro tangencial médio de 5,48 µm, apresentando tamanho pequeno (Figura 29 E). As pontoações raio-vasculares possuem borda reduzida e tamanho variável, com diâmetro tangencial médio de 6,70 µm (Figura 29 F). Foram observadas tiloses em elementos de vaso (Figura 29 A). Apêndices, quando presentes, foram observados em uma ou nas duas extremidades (Figuras 29 G e I).

O índice de vulnerabilidade foi de 62,39, e o índice de mesomorfia alcançou 19.541,48.

- Fibras

Fibras libriformes, não septadas (Figuras 29 B e C), com comprimento médio de 1.214,65 µm, diâmetro médio de 19,03 µm, lúmen de 14,49 µm e espessura média da parede de 2,27 µm, podendo ser classificada como muito fina; as pontoações são simples (Figura 29 D).

- Parênquima Axial

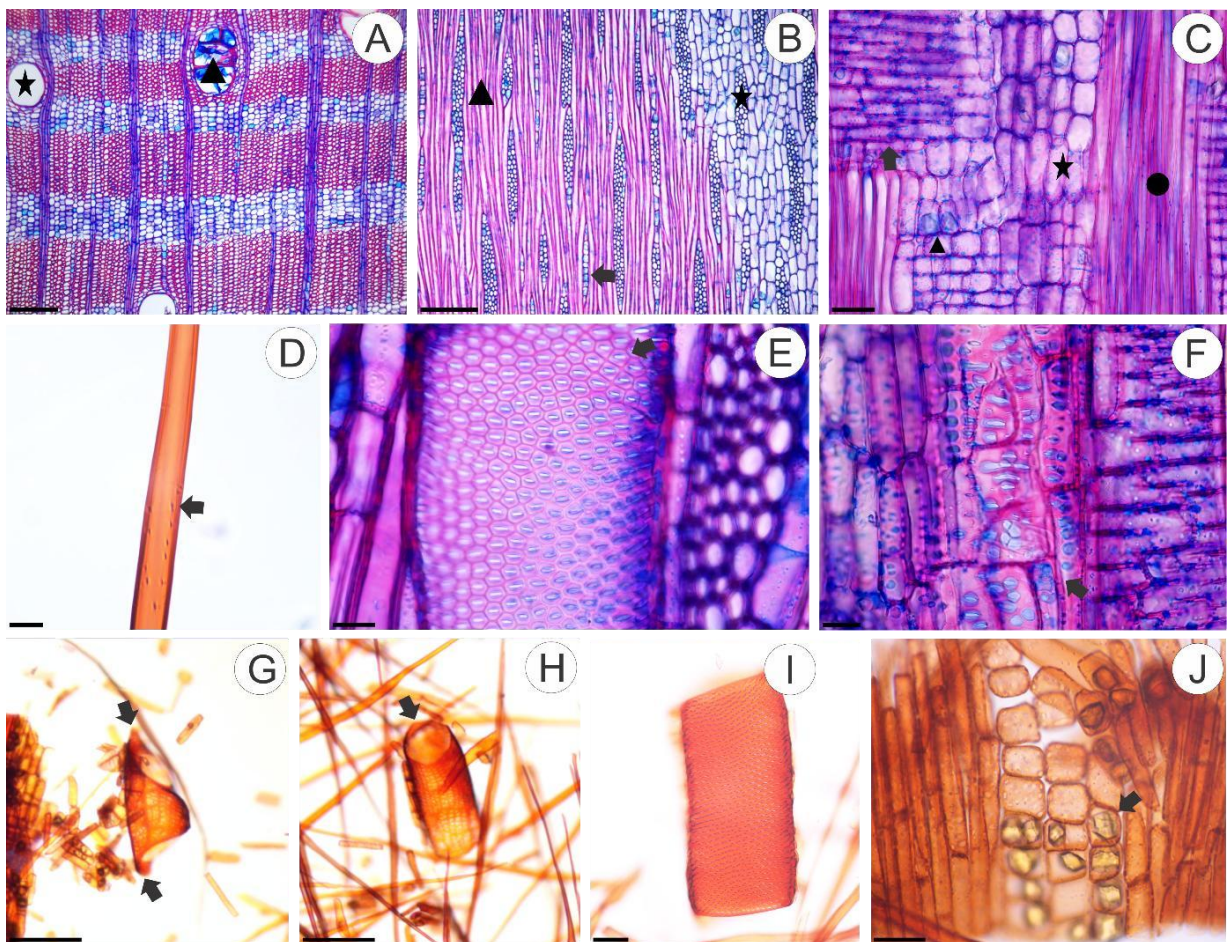
Parênquima axial paratraqueal em faixas tangenciais com quatro ou mais células (Figura 29 A).

- Parênquima Radial

Os raios são heterocelulares integrados por fileiras de células eretas e quadradas nas margens e procumbentes no corpo (Figura 29 C). Os raios são unisseriados ou multisseriados, com 2 a 5 células de largura (Figura 29 B); frequência média de 6 raios/mm; altura média de 452,14  $\mu\text{m}$  e largura média de 56,68  $\mu\text{m}$ .

- Outros Caracteres

Presença de um ou dois cristais prismáticos em células eretas e quadradas do raio (Figura 29 C e J).



**Figura 29:** Anatomia do lenho de *F. crocata* em seção Transversal (A), Longitudinal Tangencial (B, E), Longitudinal Radial (C, F) e Macerado (D, G - J). **A:** Elementos de vaso de distribuição difusa não uniforme, solitários (estrela) ou agrupados (triângulo), com contorno circular a oval e presença de tilose. **B:** Raios unisseriados (seta), multisseriados (estrela) e fibras não septadas (triângulo). **C:** Raio heterogêneo composto por células procumbentes (seta), eretas (estrela) e quadradas (triângulo) e fibras não septadas (círculo). **D:** Fibra apresentando pontoações simples (seta). **E:** Pontoações intervasculares alternadas e poligonais (seta). **F:** Pontoações raio-vasculares com borda reduzida e tamanho irregular (seta). **G:** Elemento de vaso com apêndices em ambas as extremidades (setas). **H:** Elemento de vaso com placa de perfuração simples (seta). **I:** Elemento de vaso sem apêndices e pontoações raio-vasculares. **J:** Cristais presentes em células do parênquima (seta). **Barras**

**de escala:** A, B, G, H = 200  $\mu\text{m}$ ; C, I, J = 50  $\mu\text{m}$ ; D - F = 20  $\mu\text{m}$ .

### ***Ficus hirsuta***

- Densidade

A espécie apresentou densidade média do lenho é de 0,44  $\text{g}/\text{cm}^3$ , dessa maneira foi classificada como com baixa densidade.

- Camadas De Crescimento

As camadas de crescimento foram consideradas indistintas ou ausentes (Figura 30 A).

- Elementos De Vaso

Os elementos de vaso apresentam porosidade difusa, com frequência média de 8 elementos de vaso/ $\text{mm}^2$ . Os elementos de vaso ocorrem de forma solitária ou múltipla, agrupados em arranjos radiais de duas a seis células, e possuem contorno circular a oval (Figura 30 A), com placa de perfuração simples lateral e nas extremidades (Figura 30 H e J). O comprimento médio é de 267,31  $\mu\text{m}$ , o diâmetro tangencial médio de 125,98  $\mu\text{m}$ , o diâmetro radial médio de 154,18  $\mu\text{m}$  e a área média aproximada de 20.104,78  $\mu\text{m}^2$ . A espessura média da parede é de 3,51  $\mu\text{m}$ , e o índice de agrupamento é de 1,74  $\mu\text{m}$ .

As pontoações intervasculares são alternas e poligonais, com diâmetro tangencial médio de 5,58  $\mu\text{m}$ , apresentando tamanho pequeno (Figura 30 E). As pontoações raio-vasculares possuem borda reduzida e tamanho variável, com diâmetro tangencial médio de 6,49  $\mu\text{m}$  (Figura 30 F). Foram observadas tiloses em elementos de vaso (Figuras 30 A e D). Apêndices, quando presentes, foram observados em uma ou nas duas extremidades (Figuras 30 H, I e J).

O índice de vulnerabilidade foi de 30,47, e o índice de mesomorfia foi de 8.478,27.

- Fibras

As fibras podem ser classificadas como libriiformes, não septadas (Figuras 30 B e C), com comprimento médio de 1.033,97  $\mu\text{m}$ , diâmetro médio de 19,14  $\mu\text{m}$ , lúmen de 12,92  $\mu\text{m}$  e espessura média da parede de 3,11  $\mu\text{m}$ , sendo fina a espessa; as

pontoações são simples (Figura 30 G). Fibras gelatinosas estão presentes (Figuras 30 A e D).

- Parênquima Axial

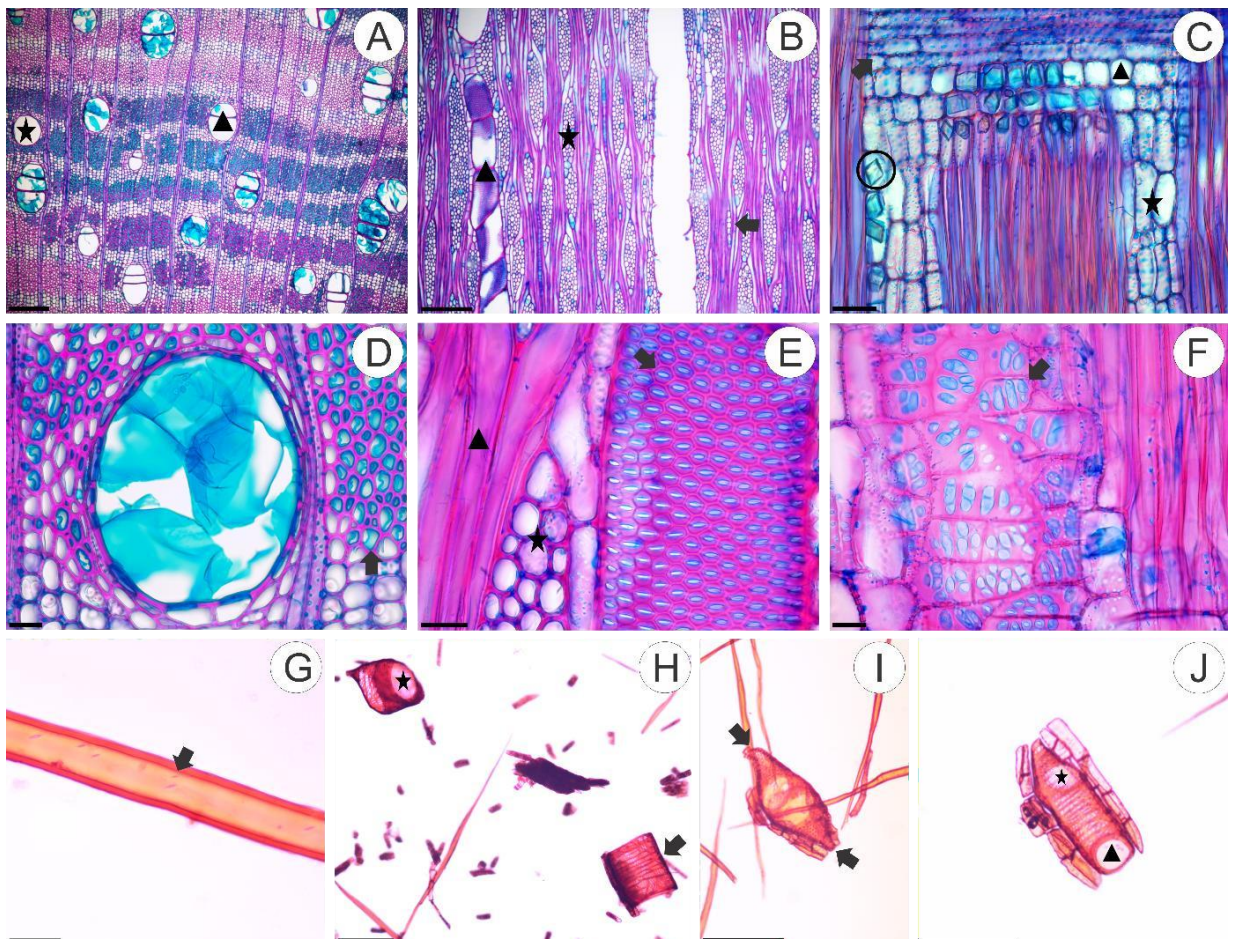
Parênquima axial paratraqueal em faixas tangenciais com três ou mais células (Figura 30 A).

- Parênquima Radial

Os raios são heterocelulares integrados por fileiras de células eretas e quadradas nas margens e procumbentes no corpo (Figura 30 C). Unisseriados ou multisseriados, com 2 a 7 células de largura (Figura 30 B); frequência média de 6 raios/mm; altura média de 468,62  $\mu\text{m}$  e largura média de 63,55  $\mu\text{m}$ .

- Outros Caracteres

Presença de um a dois cristais prismáticos em células eretas e quadradas do raio (Figura 30 C).



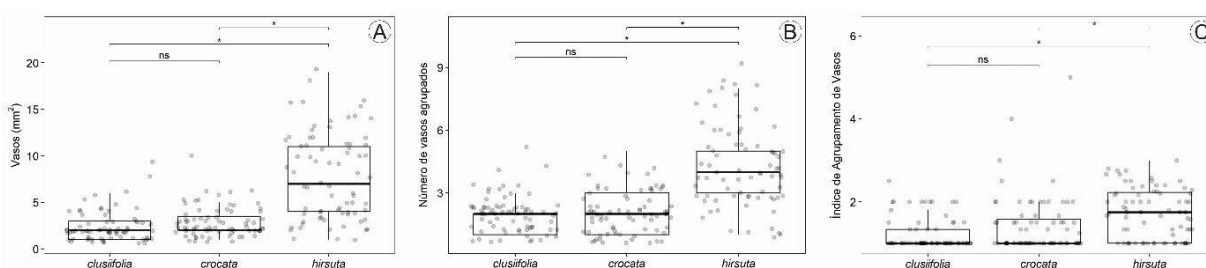
**Figura 30:** Anatomia do lenho de *F. hirsuta* em seção Transversal (A, D), Longitudinal

Tangencial (B, E), Longitudinal Radial (C, F) e Macerado (G - J). **A:** Elementos de vaso de distribuição difusa não uniforme, solitários (estrela) ou agrupados (triângulo), com contorno circular a oval e presença de tilose (seta). **B:** Raios unisseriados (seta), multisseriados (estrela) e pontoações intervasculares (triângulo). **C:** Raio heterogêneo composto por células procumbentes (seta), eretas (estrela), quadradas (triângulo) e presença de diversos cristais prismáticos (círculo). **D:** Detalhe da tilose no elemento de vaso e presença de fibras gelatinosas (seta). **E:** Pontoações intervasculares alternadas e poligonais (seta), fibras não septadas (triângulo) e raio multisseriado (estrela). **F:** Pontoações raio-vasculares com borda reduzida e tamanho irregular (seta). **G:** Fibra apresentando pontoações simples (seta). **H:** Elementos de vaso com placa de perfuração simples (estrela) e detalhe lateral do elemento de vaso (seta), com apêndice em uma das extremidades. **I:** Elemento de vaso com apêndices em ambas as extremidades (setas). **J:** Elemento de vaso com placa de perfuração simples lateral (estrela) e na extremidade (triângulo), com apêndice em uma das extremidades. **Barras de escala:** A, B, H - J = 200  $\mu\text{m}$ ; C = 50  $\mu\text{m}$ ; D - G = 20  $\mu\text{m}$ .

### Análises estatísticas

- Abundância e arranjo dos elementos de vaso

Os atributos relacionados à frequência e ao agrupamento de elementos de vaso diferiram entre as espécies, principalmente quanto à frequência de elementos de vaso e ao padrão de agrupamento (Figura 31). *Ficus hirsuta* apresentou maior número de elementos de vaso por  $\text{mm}^2$ , bem como maior número de elementos de vaso agrupados, diferindo significativamente de *Ficus clusifolia* e *Ficus crocata* (Figuras 31 A e B). Entre estas duas espécies, não foram observadas diferenças significativas para esses atributos. O índice de agrupamento de elementos de vaso também foi mais elevado em *F. hirsuta*, diferindo significativamente das demais espécies, enquanto *F. clusifolia* e *F. crocata* não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 31 C).

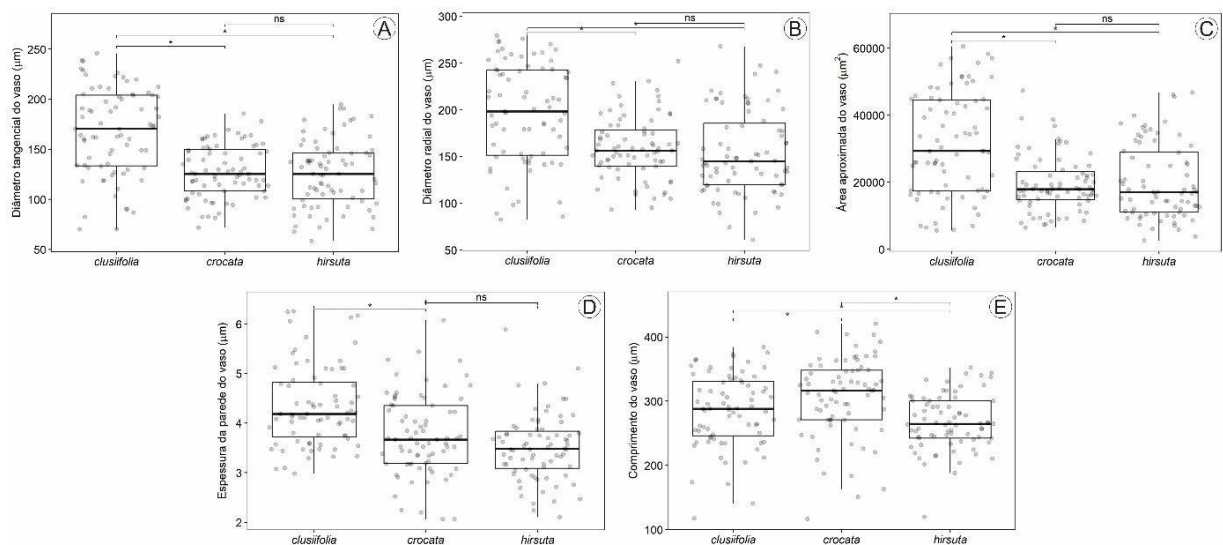


**Figura 31:** Frequência e padrão de agrupamento de elementos de vaso no lenho de *F. clusifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Boxplots mostram número de elementos de vaso por  $\text{mm}^2$  (A), número de elementos de vaso agrupados (B) e índice de agrupamento de elementos de vaso (C). Asteriscos indicam diferenças significativas entre espécies ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo.

- Dimensões dos elementos de vaso

As dimensões dos elementos de vaso diferiram significativamente entre as espécies analisadas (Figura 32). *F. clusifolia* apresentou valores significativamente

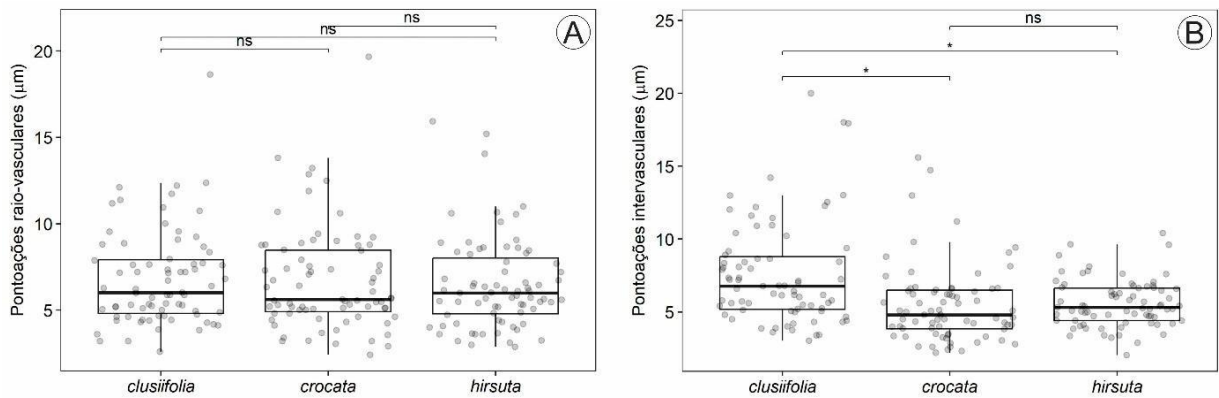
mais elevados de diâmetro tangencial, diâmetro radial e área aproximada em comparação a *F. crocata* e *F. hirsuta*. Entre estas duas espécies, não foram observadas diferenças significativas para esses atributos (Figuras 32 A, B e C). A espessura da parede do elemento de vaso também foi maior em *F. clusiifolia*, diferindo significativamente das demais espécies, enquanto *F. crocata* e *F. hirsuta* não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 32 D). Quanto ao comprimento do elemento de vaso, *F. crocata* apresentou os maiores valores, diferindo significativamente de *F. clusiifolia* e *F. hirsuta*. Estas duas espécies, por sua vez, não diferiram significativamente entre si (Figura 32 E).



**Figura 32:** Dimensões dos elementos de vaso no lenho de *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Boxplots mostram diâmetro tangencial dos elementos de vaso (A), diâmetro radial dos elementos de vaso (B), área aproximada do elemento de vaso (C), espessura da parede do elemento de vaso (D) e comprimento do elemento de vaso (E). Asteriscos indicam diferenças significativas entre espécies ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo.

- Características das pontoações vasculares

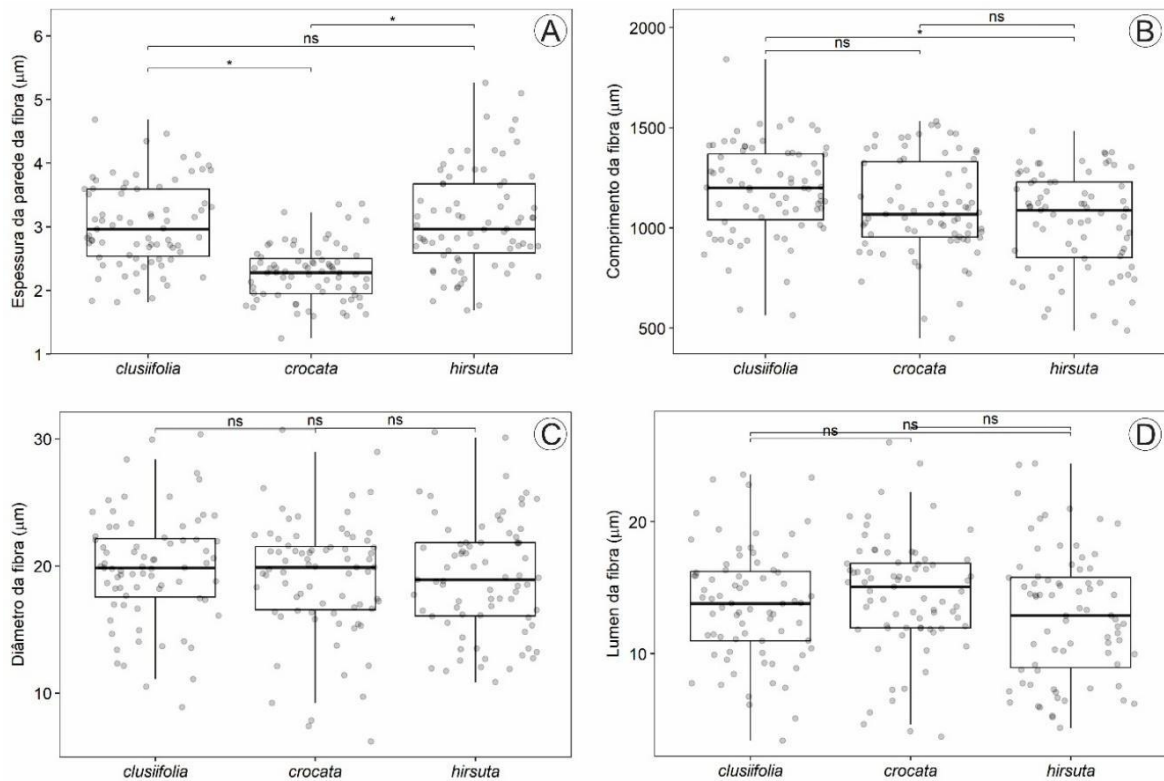
As características das pontoações diferiram parcialmente entre as espécies analisadas (Figura 33). A abertura das pontoações raio-vasculares não apresentou diferenças significativas entre as três espécies analisadas, indicando um padrão relativamente conservado para esse atributo (Figura 33 A). Em contraste, a abertura das pontoações intervasculares diferiu entre as espécies, com *F. clusiifolia* apresentando valores significativamente maiores em comparação a *F. crocata* e *F. hirsuta*. Entre estas duas últimas, não foram observadas diferenças significativas (Figura 33 B).



**Figura 33:** Abertura das pontoações no lenho de *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Boxplots da abertura das pontoações raio-vasculares (A) e intervasculares (B). Asteriscos indicam diferenças significativas entre espécies ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo.

- Dimensões das fibras

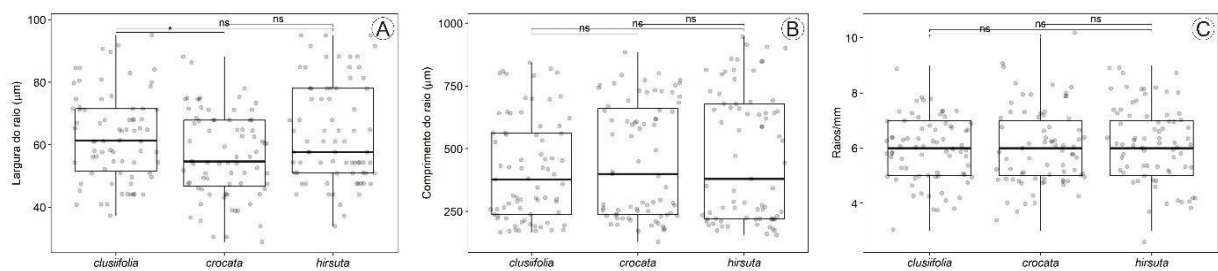
As fibras apresentaram diferenças interespecíficas principalmente quanto à espessura da parede e ao comprimento. *F. crocata* apresentou fibras com paredes significativamente mais delgadas em comparação a *F. hirsuta* e *F. clusifolia*. Entre estas duas últimas espécies, não foram observadas diferenças significativas para esse atributo (Figura 34 A). O comprimento da fibra diferiu entre *F. clusifolia* e *F. hirsuta*, com maiores valores observados em *F. clusifolia*. *F. crocata* apresentou valores intermediários, não diferindo significativamente das demais espécies (Figura 34 B). Por outro lado, o diâmetro das fibras e o diâmetro do lúmen das fibras não apresentaram diferenças significativas entre as espécies (Figuras 34 C e D).



**Figura 34:** Dimensões das fibras no lenho de *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Boxplots da espessura da parede da fibra (A), comprimento da fibra (B), diâmetro da fibra (C) e lúmen da fibra (D). Asteriscos indicam diferenças significativas entre espécies ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo.

- Características dos raios

Diferenças significativas na largura dos raios foram registradas somente entre *F. clusiifolia* e *F. crocata*, enquanto *F. hirsuta* não se distinguiu das demais espécies, sendo que *F. crocata* apresentou raios mais estreitos (Figura 35 A). Já o comprimento dos raios e o número de raios por mm linear mantiveram-se estatisticamente semelhantes entre as espécies (Figuras 35 B e C).

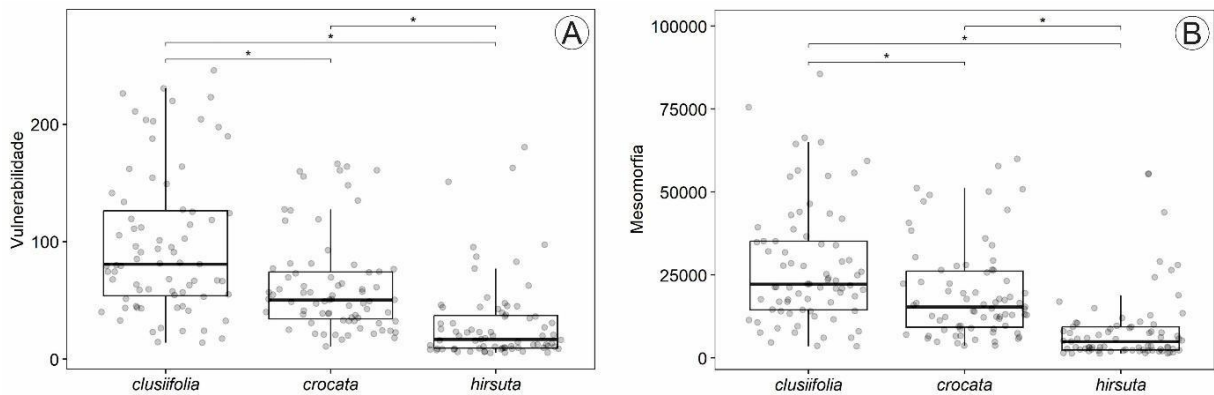


**Figura 35:** Características dos raios no lenho de *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Boxplots da largura do raio (A), comprimento do raio (B) e raios por mm' (C). Asteriscos indicam diferenças significativas entre espécies ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo.

- Índices integrativos do lenho

Os índices de vulnerabilidade e mesomorfia diferiram significativamente entre as espécies, com *F. clusiifolia* apresentando os maiores valores, *F. hirsuta* os menores

e *F. crocata* valores intermediários (Figuras 36 A e B).



**Figura 36:** Índices integrativos do lenho de *F. clusiifolia*, *F. crocata* e *F. hirsuta*. Boxplots do índice de vulnerabilidade (A) e do índice de mesomorfia (B). Asteriscos indicam diferenças significativas entre espécies ( $p < 0,05$ ); ns = não significativo.

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste capítulo indicam que o lenho de *Ficus crocata*, *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta* sect. *Americanae* (Moraceae) apresenta características compatíveis com o padrão anatômico descrito para o gênero, como a presença de elementos de vaso de grande diâmetro e baixa frequência, raios heterogêneos e parênquima axial em faixas. No entanto, foram observadas variações em alguns atributos estruturais, como o padrão de parênquima axial. Diferenças interespecíficas também foram registradas, por exemplo, em relação aos índices hidráulicos e à ocorrência de fibras gelatinosas em *F. hirsuta*.

Os atributos anatômicos observados nas espécies analisadas enquadram-se no espectro anatômico descrito para a família Moraceae por Tipito (1938) ao analisar 465 espécies representantes do grupo. No gênero *Ficus*, observam-se notáveis similaridades entre seus membros quanto às características anatômicas do lenho, com a ocorrência de caracteres considerados filogeneticamente conservados, apesar da ampla diversidade de hábitos de crescimento, que inclui espécies arbóreas, como *F. crocata* e *F. clusiifolia*, e hemiepífitas, como *F. hirsuta* (Baas *et al.*, 2004; Koek-Noonnan *et al.*, 1984). Trata-se de um gênero extremamente diverso, com cerca de 750 espécies (Berg e Corner, 2005; Pederneiras *et al.*, 2015).

De modo geral, os resultados obtidos para *F. crocata*, *F. clusiifolia* e *F. hirsuta* no presente estudo concordam com a caracterização anatômica clássica proposta por Koek-Noonnan *et al.* (1984) e corroborada por outros trabalhos (Parra, 2014; Yadav *et al.*, 2024), em relação à densidade do lenho, a ocorrência de cristais, entre

outros atributos estruturais descritos para o gênero.

Entretanto, o predomínio de parênquima paratraqueal em faixas encontrado no presente trabalho, difere das descrições clássicas apresentadas para *Ficus*, que mostram que o padrão mais frequentemente citado para o gênero é o apotraqueal, indicando uma importante variação anatômica. Estudos comparativos em Moraceae também demonstram ampla variação no padrão do parênquima axial dentro da família, incluindo combinações de paratraqueal, aliforme, confluyente e metatraqueal (Tippo, 1938). Além disso, estudos mais recentes com espécies de *Ficus*, como Parra (2014) e Yadav *et al.* (2024) também têm registrado variações, incluindo a ocorrência de arranjos paratraqueais, indicando que essa característica pode apresentar maior variação intrerespecífica dentro do gênero ou ser mais plástica do que sugerido pelas descrições clássicas.

Segundo Carlquist (2013), o parênquima paratraqueal está associado à integração funcional entre vasos e tecidos vivos, contribuindo para o armazenamento e a redistribuição de água e carboidratos. Essa característica pode ser particularmente relevante em ambientes sujeitos a estresses periódicos, como as restingas.

Sharma (2014), ao estudar o lenho de 12 espécies de *Ficus*, verificou a presença de diversas características, incluindo atributos qualitativos e quantitativos, para a elaboração de uma chave dicotômica de identificação das espécies investigadas. Alguns dos caracteres empregados são a presença de cristais, o tipo de parênquima (axial em faixas, somente, ou ainda, em losango aliforme), bem como o comprimento das fibras e dos elementos de vaso e a densidade do lenho.

Os resultados obtidos por Sharma (2014) condizem com aqueles apresentados por estudos baseados em marcadores nucleares, segundo os quais o subgênero *Spherosuke* estaria intimamente relacionado aos subgêneros *Ficus* e *Sycomorus*, questionando a divisão tradicional do gênero em subgêneros (Herre *et al.*, 1996; Ronsted *et al.*, 2008a, b). Nessas pesquisas, foi observada a ocorrência de agrupamentos envolvendo espécies de diferentes subgêneros e isso indica que caracteres anatômicos do lenho em *Ficus* podem refletir, em grande parte, ajustes funcionais e ecológicos, além de relações filogenéticas.

Dussán (2020) e Dussán e Pederneiras (2025) analisaram a anatomia do lenho

de *F. clusiifolia* e *F. crocata*, juntamente com outras 12 espécies do gênero, o que possibilita a comparação entre tal estudo e o presente trabalho, sobretudo pelo fato de os materiais terem sido coletados em ambientes com condições distintas das restingas. No referido estudo, as análises foram realizadas a partir de material proveniente de diferentes formações florestais, incluindo o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que foi o local de coleta do lenho de *F. clusiifolia* e *F. crocata*.

Algumas diferenças puderam ser observadas no presente trabalho em relação a essa pesquisa, como a ocorrência de elementos de vaso mais curtos, que é uma característica associada à maior segurança hidráulica, comumente observada em árvores que ocorrem em ambientes xéricos (Sperry *et al.*, 2006). Esse padrão está frequentemente relacionado à presença de pontoações intervasculares com aberturas menores, como observado neste estudo, além de outras características que podem estar associadas a estratégias de sobrevivência das plantas em resposta às condições ambientais (Sperry *et al.*, 2006).

Melo *et al.* (2018) observaram em *F. cestrifolia* fibras com paredes mais espessas e maior frequência de elementos de vaso em indivíduos provenientes de ambientes mais férteis, padrão também relatado em outros estudos experimentais, como na pesquisa realizada por Angélico *et al.* (2021) com indivíduos da família Fabaceae. De modo geral, esses resultados são compatíveis com os achados do presente estudo quando comparados aos de Dussán (2020) e Dussán e Pederneiras (2025), cujas amostras provêm de ambientes presumivelmente mais férteis e com maior disponibilidade hídrica, além de outras condições contrastantes em relação às restingas.

Ademais, Dussán (2020) e Dussán e Pederneiras (2025) não apresentaram estimativas para densidade básica do lenho, índices hidráulicos, área dos elementos de vaso, diâmetro radial, espessura da parede dos elementos de vaso, frequência dos raios e classificação quantitativa da espessura das paredes das fibras, o que evidencia a relevância e o caráter complementar dos dados obtidos no presente estudo.

Nas três espécies, visualizamos látex na coleta do lenho, mas não foram observados laticíferos, apesar de sua ocorrência ser típica da família Moraceae e realizarmos a observação dessa estrutura no material foliar.

No presente estudo, *F. hirsuta* apresentou a maior frequência e o menor

diâmetro de elementos de vaso, sem diferenças estatísticas em relação a *F. clusiifolia*. Como o material de *F. hirsuta* foi coletado exclusivamente na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara, enquanto *F. clusiifolia* e *F. crocata* foram amostradas em outras áreas, essa divergência entre as espécies pode estar associada a diferenças ecológicas entre os ambientes de coleta. De acordo com Castelar (2014), padrões anatômicos como maior frequência e menor diâmetro de vasos podem estar relacionados a condições mais xéricas, indicando possível ajuste estrutural à disponibilidade hídrica.

Fibras gelatinosas podem ser encontradas em membros de todos os subgêneros do gênero *Ficus* (Koek-Noonnan *et al.*, 1984) e estão comumente associadas ao lenho de tração, possuindo flexibilidade (Appezato e Guerreiro, 2006; Tomlinson 2003). Tais fibras são responsáveis pela geração de forças internas capazes de auxiliar na reorientação do caule (Fahn, 1982; Wheeler *et al.*, 1989; Ruelle, 2013). No presente estudo, sua ocorrência apenas em *F. hirsuta* pode estar relacionada ao hábito hemiepífito da espécie, sabendo que ajustes estruturais do lenho são frequentemente necessários, especialmente sob condições típicas de um ambiente de restinga, com vento e solo instável.

Os índices hidráulicos utilizados correspondem a parâmetros quantitativos sensíveis às condições ambientais e à plasticidade fenotípica, pois refletem variações estruturais associadas a estratégias de adaptação das espécies (Carlquist, 2013; Tyree e Zimmermann, 2002). Os resultados obtidos no presente estudo indicam que *F. clusiifolia* apresenta maior eficiência potencial no transporte hídrico, porém maior suscetibilidade a cavitação e embolismo, seguida por *F. crocata* e *F. hirsuta*. Tyree e Zimmermann (2002) argumentam que a cavitação e o embolismo comprometem a condução de água, reduzindo o fluxo hídrico para as folhas e, conseqüentemente, as taxas fotossintéticas e o crescimento das plantas.

Além disso, Yadav *et al.* (2024) compararam características anatômicas de espécies de *Ficus* com diferentes hábitos de crescimento e observaram que árvores de grande porte tendem a apresentar maiores índices de vulnerabilidade e de mesomorfia, em consonância com as análises realizadas no presente estudo. Registramos, portanto, o menor índice de vulnerabilidade em relação a *F. hirsuta*, que é a única representante com hábito hemiepífito, enquanto as demais espécies possuem hábito arbóreo. Yadav *et al.* (2024) afirmam que as tendências anatômicas

em espécies de *Ficus* observadas em seu estudo em relação ao índice de vulnerabilidade e mesomorfia podem ser determinadas por fatores genéticos.

Em *F. hirsuta*, a combinação de alta frequência de elementos de vaso, menor índice de vulnerabilidade hidráulica, presença de fibras gelatinosas e paredes classificadas como finas a espessas sugere um xilema mais conservativo do ponto de vista hidráulico, possivelmente associado a maior segurança na condução de água em um ambiente sujeito a variações de disponibilidade hídrica (Carlquist, 1977, 2013; Tyree e Zimmermann, 2002). A maior ocorrência de tiloses nessa espécie reforça essa interpretação, uma vez que essas estruturas estão frequentemente relacionadas a estratégias de proteção do sistema condutor, ao evitar a ocorrência de cavitação (Apezato e Guerreiro, 2006; Zimmermann, 2013; Fahn, 1982; Esau, 1977). Castelar (2014) ressalta a relevância da ocorrência de tiloses como um dos aspectos inerentes à anatomia do lenho que podem ser características diagnósticas dentro do gênero *Bathysa* (Rubiaceae), ressaltando que esse dado pode ser integrado à filogenia do grupo.

O predomínio de valores associados a maior eficiência hidráulica pode, portanto, estar parcialmente relacionado ao padrão anatômico recorrente no gênero *Ficus*, caracterizado por elementos de vaso de maior diâmetro e menor frequência (Koek-Noormand *et al.*, 1984), embora tais atributos também possam sofrer influência de fatores ambientais locais, como disponibilidade hídrica e propriedades do solo (Carlquist, 2013; Baas *et al.*, 2004).

Portanto, este estudo contribui para o enriquecimento do conhecimento sobre o gênero *Ficus*, por meio da caracterização anatômica do lenho de *Ficus hirsuta* e da ampliação das caracterizações já existentes para *Ficus crocata* e *Ficus clusiifolia*. Esses resultados permitiram realizar comparações com estudos prévios, bem como relacionar parte das diferenças observadas a fatores ambientais. Além disso, foram identificadas singularidades no lenho de *F. hirsuta*, que podem estar associadas ao seu hábito, à sua história filogenética ou ainda a variações microambientais entre as áreas de coleta. Nesse sentido, estudos futuros que incluam um maior número de espécies e indivíduos da seção *Americanae*, bem como abordagens integrando aspectos anatômicos, ecológicos e filogenéticos, poderão ampliar a compreensão dos padrões de variação do lenho no gênero.

## CONCLUSÃO

As análises qualitativas e quantitativas da anatomia do lenho de *Ficus crocata*, *Ficus clusiifolia* e *Ficus hirsuta* realizadas neste estudo contribuíram para ampliar o conhecimento anatômico dessas espécies, oferecendo informações que podem ser integradas a outras pesquisas de cunho taxonômico ou ecológico, por exemplo.

Muitos dos atributos analisados mostraram-se condizentes com a homogeneidade já relatada na literatura do gênero. Dentre as espécies analisadas, alguns aspectos em comum observados foram a abertura das pontoações raio-vasculares, dimensões das fibras e raios.

Destacam-se como potencialmente diagnósticos para a distinção entre as espécies caracteres relacionados aos elementos de vaso, às pontoações intervasculares, ao parênquima axial e radial, além da presença de fibras gelatinosas.

*Ficus clusiifolia* apresenta a menor frequência de elementos de vaso entre as três espécies, com apenas dois por mm<sup>2</sup>, bem como o menor índice de agrupamento. Além disso, possui pontoações intervasculares de tamanho médio, enquanto nas demais espécies estas são pequenas, e não apresenta fibras gelatinosas.

O lenho de *Ficus crocata* caracteriza-se pela presença de cerca de três elementos de vaso por mm<sup>2</sup>, ausência de fibras gelatinosas, parênquima axial com quatro ou mais células de largura, enquanto nas demais espécies são observadas três ou mais. O parênquima radial dessa espécie apresenta duas a cinco células de largura, enquanto nas demais, apresenta até sete células.

*Ficus hirsuta*, por sua vez, distingue-se pela maior frequência de elementos de vaso, com média de oito por mm<sup>2</sup>, além de maior grau de agrupamento, com elementos de vaso dispostos em arranjos de duas a seis células, ao passo que nas demais espécies ocorrem agrupamentos de até quatro células. Adicionalmente, a presença de fibras gelatinosas foi observada apenas nessa espécie. Em comparação com as demais, foi a espécie que apresentou o xilema mais conservativo sob o ponto de vista hidráulico.

As diferenças observadas na frequência e agrupamento de vasos e nos índices derivados sugerem variação interespecífica com potencial valor comparativo

dentro do gênero. Entretanto, a ausência de análise ambiental comparativa limita inferências sobre seu significado ecológico.

As diferenças observadas entre as espécies podem ser amplamente importantes para sua segregação. No entanto, conclusões mais robustas acerca do valor diagnóstico dessas características dependem da realização de estudos adicionais com uma amostragem mais ampla.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho, a análise integrada da anatomia foliar e do lenho de três espécies da seção *Americanae*, provenientes de áreas de restinga do estado do Rio de Janeiro, permitiu evidenciar tanto padrões já descritos para o gênero quanto variações estruturais consistentes entre as espécies. Essas variações, expressas em caracteres da epiderme, do mesofilo e do sistema vascular, bem como na organização do lenho, demonstram potencial para aplicação na distinção específica e pode subsidiar estudos para a compreensão das relações dentro do grupo.

A abordagem conjunta dos diferentes níveis anatômicos revelou que a combinação de caracteres, mais do que sua análise isolada, constitui uma estratégia promissora para a delimitação taxonômica em *Ficus*.

Dessa forma, os resultados obtidos contribuem para o avanço do conhecimento anatômico do gênero, ao mesmo tempo em que fornecem uma base consistente para estudos futuros. Ressalta-se, por fim, a importância da ampliação de abordagens integrativas envolvendo outras espécies e subdivisões do gênero, especialmente na seção *Americanae*, a fim de consolidar interpretações mais abrangentes sobre a diversidade e organização do grupo.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Adeniyi, I. M., Adejoba, O. R., Alao, O. J., Noah, A. S., Salaudeen, G. T. (2013). Comparative anatomy of some *Ficus* species. *Research in Plant Sciences*. 1(2):15-19.
- Angélico, T. d. S., Marcati, C. R., Rossi, S., da Silva, M. R., Sonsin-Oliveira, J. (2021). Soil effects on stem growth and wood anatomy of Tamboril are mediated by tree age. *Forests*. 12(8):1058.

- Appezato-da-Glória, B., Carmello-Guerreiro, S. M. (2006). *Anatomia vegetal*. 2.ed. Viçosa: UFV. 438p.
- Baas, P., Ewers, F. W., Davis, S. D., Wheeler, E. A. (2004). Evolution of xylem physiology. In: Hemsley, A. R., Poole, I. (eds.), *The evolution of plant physiology*. London. p.273–295.
- Berg, C.C., Corner, E.J.H. (2005). Moraceae. In: Nootboom, H.P. (ed.), *Flora Malesiana*. Ser.1, 17. Leiden: Nationaal Herbarium Nederland. p.1–730.
- Burger, L. M.; H. G. Richter. Anatomia da madeira. Nobel, São Paulo, Brazil. 1991.
- Carlquist, S. (1977). Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany*. 64(7):887–896.
- Carlquist, S. (2013). *Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood*. Springer Science e Business Media.
- Castelar, J. V. S. (2014). *Anatomia comparada do lenho de espécies de Bathysa c. Presl (rubiacae)*. Dissertação (Mestrado em Botânica), Ilhéus – BA, Universidade Estadual De Santa Cruz, 69p.
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S.L., Swenson, N.G. and Zanne, A.E. (2009), Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12: 351-366. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>
- Coradin, V. T. R.; Muñiz G. I. (1992). Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I. Angiospermae II. Gimnospermae. Série Técnica vol. 15. IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, Brasília, Brasil.
- De Melo, J. C. F., Jr., Amorim, M. W., Soffiatti, P. (2018). Comparative wood anatomy of *Ficus cestrifolia* (Moraceae) in two distinct soil conditions. *Rodriguesia*. 69:2109–2118.
- Dickison, William C. (2000). *Integrative Plant Anatomy*. 1. ed. San Diego: Academic Press, 533 p.
- Dunn, O.J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*. 6:241–252.
- Dussán, C. M. (2020). *Inferindo o hábito hemiepífito em Ficus L. por meio da anatomia do xilema secundário em espécies viventes e fósseis*. Dissertação (Mestrado em

Botânica), São Paulo - SP, Universidade de São Paulo, 53p.

Dussán, C. M., Pederneiras, L. C., e Angyalossy, V. (2025). Inferring the hemiepiphytic habit of *Ficus* (Moraceae) through wood anatomical characters in modern and fossil woods. *Brazilian Journal of Botany*, 48(1), 28.

Esau, K. (1977). *Anatomy of seed plants*. 2.ed. New York: John Wiley e Sons, 550p.

Fahn, A. (1982). *Plant anatomy*. 544p.

Ferreira, G. D. A. (2024). Respostas anatômicas da madeira às variações fitofisionômicas da Mata Atlântica. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Rio de Janeiro – RJ, Instituto de Biologia Alberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 119p.

He, T., Marco, J., Soares, R., Yin, Y., & Wiedenhoeft, A. C. (2020). Machine Learning Models with Quantitative Wood Anatomy Data Can Discriminate between *Swietenia macrophylla* and *Swietenia mahagoni*. *Forests*, 11(1), 36.  
<https://doi.org/10.3390/f11010036>

Herre, E. A., Machado, C. A., Berringham, E., Nason, J. P., Windsor, D. M., McCafferty, S. S., Van Houten, W., Bachmann, K. (1996). Molecular phylogeny of figs and their pollination wasps. *Journal of Biogeography*. 23(4):521–530.

Hoffmann, W. R., Campos, C. M., Stragliotto, M. C., Oliveira, A. C., Pereira, B. L. (2025). Macroscopic anatomy as a strategy for recognizing commercial wood from the Brazilian Amazon. *BioResources*. 20(4).

Hollander, M., Wolfe, D. A., Chicken, E. (2013). *Nonparametric statistical methods*. New Jersey: John Wiley e Sons.

Jahanbanifard, M., Beckers, V., Koch, G., Beeckman, H., Gravendeel, B., Verbeek, F., ... & Lens, F. (2020). Description and evolution of wood anatomical characters in the ebony wood genus *Diospyros* and its close relatives (Ebenaceae): a first step towards combatting illegal logging. *IAWA journal*, 41(4), 577-619.

Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*.

Koek-Noonnan, J., Topper, S. M. C., Ter Welle, B. J. H. (1984). The systematic wood anatomy of the Moraceae (Urticales) III. Tribe *Ficeae*. *IAWA Journal*. 5(4):330–334.

- Melo Júnior, J. C. F. D., Amorim, M. W., Soffiatti, P. (2018). Comparative wood anatomy of *Ficus cestrifolia* (Moraceae) in two distinct soil conditions. *Rodriguesia*. 69:2109–2118.
- Metcalf, C. R., Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood structure in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Oxford: Clarendon Press, 1500p.
- Parra, J. E. (2014). Anatomía del xilema secundario en seis especies de *Ficus* L. (Moraceae) en la ciudad de Mérida, Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*. 37(2):165–176.
- Pederneiras, L.C., Romaniuc-Neto, S. (2015). Overview of infrageneric nomenclature of *Ficus*. *Taxon* 64: 589-594.
- R Core Team (2026). *R: a language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing.
- Rønsted, N., Wieblen, G. D., Clement, W., Zerega, N., Savolainen, V. (2008a). Reconstructing the phylogeny of figs (*Ficus*, Moraceae) to unravel the origin of fig wasp mutualism. *Symbiosis*. 45:45–56.
- Rønsted, N., Wieblen, W., Savolainen, V., Cook, J. M. (2008b). Phylogeny, biogeography and ecology of *Ficus* section *Malvanthera* (Moraceae). *Molecular Phylogenetics e Evolution*. 48:12–22.
- Ruelle, J. (2013). Morphology, anatomy and ultrastructure of reaction wood. In: *The biology of reaction wood*. Berlin, Heidelberg: Springer. p.13–35.
- Sass, J. E. (1958). Botanical microtechnique.
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52(3/4):591–611.
- Sharma, M., Sharma, C. L., Lalmalsawma, M., Singh, M. K., Gogoi, B. R. (2014). Wood anatomy of some *Ficus* species of Mizoram, NE India with reference to their identification. *International Journal of Botanical Research*. 4(2):19–30.
- Sperry, J. S.; Hacke, U. G.; Pittermann, J. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. *American Journal of Botany*, v. 93, n. 10, p. 1490–1500, 2006.

Tippo, O. (1938). Comparative anatomy of the Moraceae and their presumed allies. *Botanical Gazette*, 100(1), 1-99.

Tomlinson, P. B. (2003). Desenvolvimento de fibras gelatinosas (de reação) em caules de *Gnetum gnemon* (Gnetales). *American Journal of Botany*. 90:965–972.

Tyree, M. T., Zimmermann, M. H. (2002). *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer Science e Business Media.

Victorino, A. S. (2024). *Anatomia ecológica do lenho de espécies arbóreas coocorrentes em fitofisionomias da Mata Atlântica*. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. 51p.

Wheeler, E. A., Baas, P., Gasson, P. E. (1989). *IAWA list of microscopic features for hardwood identification*. Leiden: IAWA. v.10. p.219–332.

Williamson, G. B., & Wiemann, M. C. (2010). Measuring wood specific gravity... correctly. *American journal of botany*, 97(3), 519-524.

Yadav, R., Gupta, S., Verma, P. K., & Sharma, U. (2024). Comparative wood anatomy with ecological and evolutionary trends among different growth forms of genus *Ficus*. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 21(1), 192-203.

Zimmermann, M. H. (2013). *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer Science e Business Media.