



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Médico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Gabriel do Amaral Ferreira

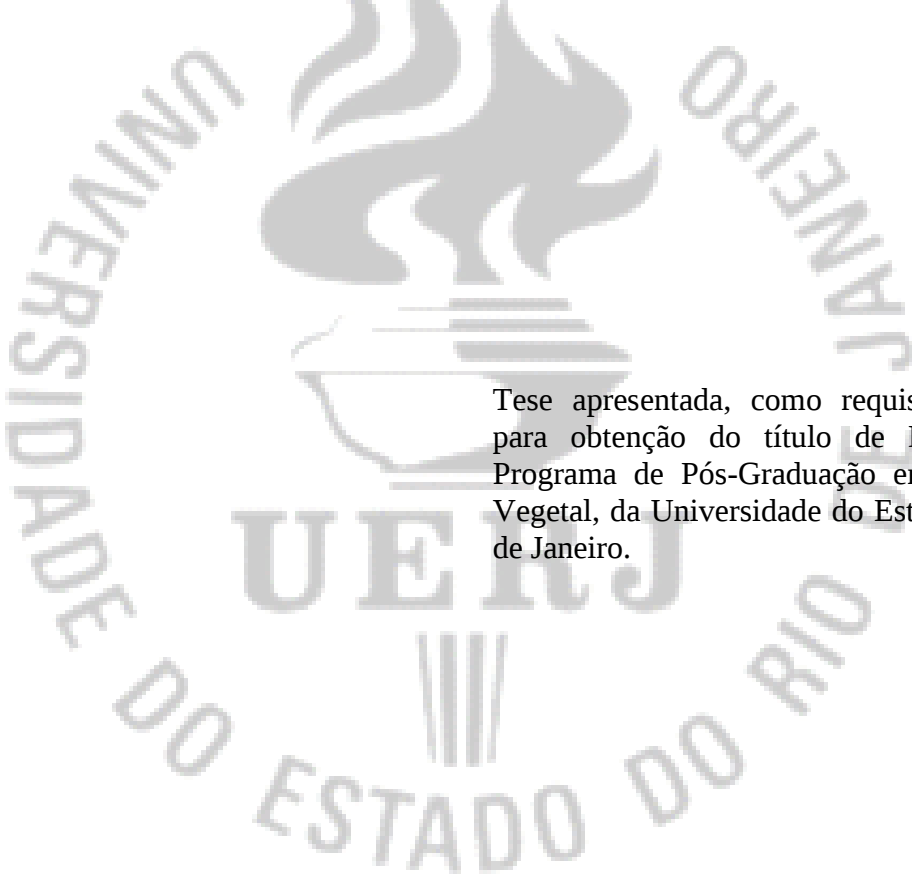
**Respostas anatômicas da madeira às variações fitofisionômicas da Mata
Atlântica**

Rio de Janeiro

2024

Gabriel do Amaral Ferreira

Respostas anatômicas da madeira às variações fitofisionômicas da Mata Atlântica



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Maura da Cunha
Coorientadora: Dra. Priscila Fernanda Simioni

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

F383 Ferreira, Gabriel do Amaral.
 Respostas anatômicas da madeira às variações fitofisionômicas da
 Mata Atlântica / Gabriel do Amaral Ferreira – 2024.
 119 f.: il.

Orientadora: Maura da Cunha
Coorientadora: Priscila Fernanda Simioni
Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

1. Madeira - Mata Atlântica - Teses. 2. Madeira - Anatomia -
Teses. 3. Plantas lenhosas - Teses. I. Cunha, Maura da. II. Simioni,
Priscila Fernanda. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 581.4

Patricia Bello Meijinhos CRB7/5217 - Bibliotecária responsável pela elaboração da ficha catalográfica

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Gabriel do Amaral Ferreira

Respostas anatômicas da madeira às variações fitofisionômicas da Mata Atlântica

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

Aprovada em 23 de fevereiro de 2024.

Orientadora:

Prof.^a Dra. Maura da Cunha
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Coorientadora:

Prof.^a Dra. Priscila Fernanda Simioni
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF

Banca examinadora:

Prof.^a Dra. Cláudia Franca Barros
Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ

Prof.^a Dra. Glaziele Campbell da Silva
Instituto Federal do Rio de Janeiro - IFRJ

Prof.^a Dra. Helena Regina Pinto Lima
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Prof. Dr. João Victor de Souza Castelar
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese à Deus e a minha família!

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus a força e sabedoria dada para enfrentar todas barreiras colocadas em minha vida, para a realização deste trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Dr^a Maura da Cunha, além do acolhimento como filho científico, pela oportunidade dada até hoje na minha vida acadêmica, para a realização deste e outros trabalhos.

Agradeço à minha coorientadora, Dr^a Priscila Simioni, pelas indicações e contribuições dadas ao trabalho.

Agradeço aos amigos que fiz na graduação e que fazem parte importante da minha vida, Neilor, Letícia e Dhiego. Sempre serão parte da minha vida fora da academia. Irmãos que a vida me deu.

Agradeço aos amigos e colegas do laboratório da UENF, Vanessa Xavier, Renata Pegoral, João Castelar, Saulo Pireda, João Marcelo, Gabriel Oliveira, Ana Luiza, Lucas Reis, Nicolly Bautz, Gustavo Duncan, Rodrigo Feitoza, Diana Neres, Marcela Rezende, Pamela, Gabriela Brazil, Laís Bezerra, Camilla Alexandrino, Gilmar Maiolino e aos novos (maures) pelas trocas de conversas, pelo cafézinho e pelas diversas confraternizações que tivemos ao longo dos anos.

Agradeço as técnicas do LBCT, Adrianinha, Beatriz e a Geovana por todo apoio prestado neste trabalho.

Agradeço à secretária Vera, da UERJ, por todo carinho e atenção, sempre nos ajudando da melhor forma.

Agradeço ao programa de pós graduação em Biologia Vegetal (PGBV), por todo suporte dado ao longo deste trabalho.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa, a Faperj e o CNPq pelo apoio financeiro durante o período trabalhado.

Agradeço ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelas autorizações de trabalho de campo.

Agradeço a gestora Vânia Coelho pelo acolhimento na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba e seu o ótimo trabalho que vem sendo construído.

Agradeço ao biólogo Leandro Cardoso pelo acolhimento e serviço prestado na RPPN Fazenda Caruara.

Agradeço ao biólogo Hérick Viana pelas saídas de campo, conversas e pelas

identificações das espécies deste trabalho.

Agradeço aos membros da banca Dr^a Cláudia, Dr^a Helena, Dr^a Glaziele e Dr. João Victor Castelar pelas contribuições e indicações valiosas neste trabalho.

Agradeço aos suplentes Dr Warlen e Dr^a Laís pelo aceite do convite.

Agradeço a Dr^a Glaziele e o Dr Warlen, por estarem comigo desde o início da minha jornada acadêmica, sempre com indicações, conhecimentos, conquistas e alegrias durante a vida na UENF.

Agradeço ao João Victor (Joe) pelo apoio na minha jornada na UERJ, com indicações, informações e estadia quando precisei durante meu doutorado.

Agradeço aos meus pais Manoel e Vera, e a minha irmã Natalia pela paciência e pelo apoio dado nestes últimos anos e por toda a minha vida.

Agradeço a minha esposa Gleice, por estar comigo nessa caminhada desde o final da graduação. Além do incentivo, apoio e conversas durante todo o tempo, a dádiva de ter a nossa filha Íris, alegrando ainda mais os nossos dias. Gratidão por vocês duas!

RESUMO

FERREIRA, Gabriel do Amaral. *Respostas anatômicas da madeira às variações fitofisionômicas da Mata Atlântica*. 2024. 119 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

A análise dos atributos funcionais da madeira desempenha um papel fundamental para futuras estratégias de preservação das florestas tropicais. Compreender como a anatomia da madeira contribui para a resiliência das espécies torna-se crucial para prever os efeitos das alterações climáticas na estrutura das árvores das diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica. As Florestas Ombrófilas Densas de Terras Baixas (FOB), Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) e as Restingas (RES) são fitofisionomias que compõem o mosaico vegetacional da Mata Atlântica. No entanto, as condições ambientais relacionadas a disponibilidade hídrica e a irradiância dessas fitofisionomias são diferentes. Neste sentido, é possível observar um diferentes condições hídricas e de irradiância, onde a FOB sendo a fitofisionomia mais úmida, com menor irradiância e de solo argiloso, e a RES sendo a mais seca, com maior irradiância e com solo arenoso, e a FES com condições intermediárias. Essas diferenças microclimáticas entre estas fitofisionomias podem influenciar diretamente na distribuição das espécies, refletindo em seus caracteres anatômicos e nos atributos funcionais da madeira. As espécies que ocorrem em fitofisionomias mais secas, como FES e RES, necessitam investir em estratégias para restringir a perda e aumentar o armazenamento de água, em contrapartida, as espécies que vivem em fitofisionomias mais úmidas, como a FOB, não precisam despende energia para investir em atributos restritivos à perda de água, e se preocupar somente com seu crescimento. Sendo assim, o presente estudo tem o objetivo de caracterizar a anatomia e identificar os atributos funcionais da madeira das espécies mais abundantes, relacionando-os com as variações na disponibilidade hídrica do solo e de irradiância entre estas fitofisionomias. Para isso, foram selecionadas 15 espécies para coleta de madeira. Foram descritos os caracteres anatômicos das espécies e avaliados os parâmetros morfoanatômicos da madeira (frequência, diâmetro e lúmen dos vasos; comprimento e espessura das fibras; e comprimento das pontuações, parênquima total e raios; e a porcentagem dos tecidos). Além disso, foram avaliadas as características dos solos (química e granulométrica). Os resultados indicaram que as espécies possuem traços anatômicos distintos, na FOB apresentam uma arquitetura voltada para o transporte eficiente de água, com maior condutividade hidráulica teórica e menor densidade da madeira. Já as espécies da FES e RES apresentaram atributos mais conservadores, refletindo em uma arquitetura hidráulica segura, adaptada às condições de menor disponibilidade hídrica. Esses resultados evidenciam a adaptação das espécies às condições específicas de cada fitofisionomia. Plantas em fitofisionomias úmidas, como a FOB, são mais vulneráveis às mudanças climáticas devido à maior demanda hídrica, enquanto as plantas em fitofisionomias secas, como a RES, possuem estratégias que possam oferecer maior segurança para sobrevivência. Além da descrição anatômica da madeira de espécies que não estão catalogadas, os seus atributos anatômicos fornecem insights importantes para entender a resposta das espécies às variações na disponibilidade de água, auxiliando na previsão dos efeitos das mudanças climáticas sobre as comunidades vegetais e na implementação de estratégias de conservação adequadas na Mata Atlântica.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica. Descrição da madeira. Estratégias adaptativas. Características dos solos.

ABSTRACT

FERREIRA, Gabriel do Amaral. *Anatomical responses of wood to the phytophysiological variations in the Atlantic Forest*. 2024. 119 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

The analysis of functional attributes of wood plays a fundamental role in assessing future strategies for tropical forest preservation. Understanding how wood anatomy contributes to species resilience becomes crucial for predicting the effects of climate change on the structure of trees in different phytophysiological types of the Atlantic Forest. Dense Ombrophilous Forests (DOF), Seasonal Semideciduous Forests (SSF), and Restingas (RES) are phytophysiological types that make up the vegetation mosaic of the Atlantic Forest. However, environmental conditions related to water availability and irradiance in these phytophysiological types vary. In this sense, it is possible to observe a water and irradiance gradient, with DOF being the wettest phytophysiological type, with lower irradiance and clayey soil, RES being the driest, with higher irradiance and sandy soil, and SSF having intermediate conditions. These microclimatic differences among these phytophysiological types can directly influence species distribution, reflecting in their anatomical characteristics and functional wood attributes. Species occurring in drier phytophysiological types, such as SSF and RES, need to invest in strategies to restrict water loss and increase water storage. In contrast, species living in wetter phytophysiological types, such as DOF, do not need to expend energy on attributes restrictive to water loss and only concern themselves with their growth. Thus, the present study aims to describe the anatomy and identify the functional attributes of wood in the most abundant species, relating them to variations in soil water availability and irradiance among these phytophysiological types. For this purpose, 15 species were selected for wood collection. Anatomical characteristics of the species were described, and morphoanatomical parameters of wood were evaluated (vessel frequency, diameter, and lumen; fiber length and thickness; and length of pits, total parenchyma, and rays; and tissue percentages). Additionally, soil characteristics (chemical and granulometric) were assessed. Results indicated that species have distinct anatomical traits; in DOF, they exhibit an architecture geared towards efficient water transport, with higher theoretical hydraulic conductivity and lower wood density. On the other hand, species from SSF and RES show more conservative attributes, reflecting a secure hydraulic architecture adapted to conditions of lower water availability. These results highlight species adaptation to the specific conditions of each phytophysiological type. Plants in humid phytophysiological types, such as DOF, are more vulnerable to climate change due to higher water demand, while plants in dry phytophysiological types, like RES, have strategies that offer greater survival security. In addition to the anatomical description of wood from uncataloged species, their anatomical attributes provide important insights into understanding species responses to variations in water availability, assisting in predicting the effects of climate change on plant communities, and implementing appropriate conservation strategies in the Atlantic Forest.

Keywords: Water availability. Wood description. Adaptive strategies. Soil characteristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição das florestas em escala global.....	14
Figura 2 -	Imagem de satélite mostrando a localização das unidades de conservação no estado do Rio de Janeiro.....	18
Figura 3 -	Delimitação territorial da Reserva Biológica União.....	20
Figura 4 -	Delimitação territorial da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.....	22
Figura 5 -	Delimitação territorial da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara.....	24
Figura 6 -	Anatomia da madeira de <i>Guarea guidonia</i>	48
Figura 7 -	Anatomia da madeira de <i>Genipa americana</i>	50
Figura 8 -	Anatomia da madeira de <i>Miconia hypoleuca</i>	52
Figura 9 -	Anatomia da madeira de <i>Vernonanthura discolor</i>	54
Figura 10 -	Anatomia da madeira de <i>Astronium graveolens</i>	56
Figura 11 -	Anatomia da madeira de <i>Metrodorea nigra</i>	58
Figura 12 -	Anatomia da madeira de <i>Cupania oblongifolia</i>	60
Figura 13 -	Anatomia da madeira de <i>Metternichia principis</i>	62
Figura 14 -	Anatomia da madeira de <i>Paratecoma peroba</i>	64
Figura 15 -	Anatomia da madeira de <i>Eugenia punicifolia</i>	66
Figura 16 -	Anatomia da madeira de <i>Zollernia glabra</i>	68
Figura 17 -	Anatomia da madeira de <i>Coccoloba alnifolia</i>	70
Figura 18 -	Anatomia da madeira de <i>Eugenia astringens</i>	72
Figura 19 -	Anatomia da madeira de <i>Cupania emarginata</i>	74
Figura 20 -	Mapa com a localização das três fitofisionomias e informações adicionais....	93
Figura 21 -	Variação nas características anatômicas da madeira das árvores ao longo de	99

um gradiente de disponibilidade de água no solo na Mata Atlântica.....

Figura 22 - Análise de componentes principais baseada na distribuição dos traços 100
anatômicos funcionais das três fitofisionomias.....

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Listagem das espécies e informações adicionais.....	46
Tabela 2 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Guarea guidonia</i>	49
Tabela 3 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Genipa americana</i>	51
Tabela 4 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Miconia hypoleuca</i>	53
Tabela 5 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Vernonanthura discolor</i>	55
Tabela 6 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Astronium graveolens</i>	57
Tabela 7 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Metrodorea nigra</i>	59
Tabela 8 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Cupania oblongifolia</i>	61
Tabela 9 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Metternichia principis</i>	63
Tabela 10 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Paratecoma peroba</i>	65
Tabela 11 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Eugenia punicifolia</i>	67
Tabela 12 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Zollernia glabra</i>	69
Tabela 13 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Coccoloba alnifolia</i>	71
Tabela 14 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Eugenia astringens</i>	73
Tabela 15 -	Dados anatômicos quantitativos da madeira de <i>Cupania emarginata</i>	75
Tabela 16 -	Dados coletados nas três fitofisionomias.....	101
Tabela 17 -	Análise química e granulométrica dos solos.....	102
Tabela 18 -	Características das plantas em relação a madeira na Floresta Ombrófila, Estacional Semidecidual e Restinga.....	103
Tabela 19 -	Estatística de modelos mistos alternativos resultantes da comparação por ANOVA. Resultados dos atributos funcionais da madeira nas avaliações de árvores da Mata Atlântica.....	104

Tabela 20 - Autovalores dos atributos funcionais da madeira de árvores em Floresta Ombrófila, Estacional Semidecidual e Restinga.....	105
---	-----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EEEG	Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba
FES	Floresta Estacional Semidecidual
FOB	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas
ha	hectare
IAWA	<i>International Association of Wood Anatomists</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PCA	Análises de Componentes Principais
Rebio União	Reserva Biológica União
RES	Restinga
RPPN Caruara	Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Caruara

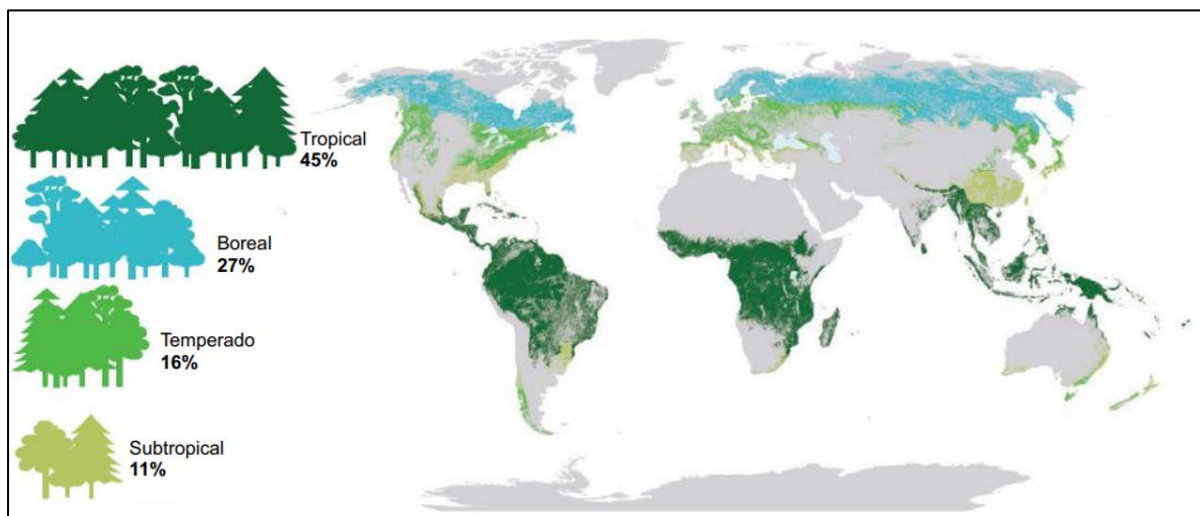
SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1 Mata Atlântica	17
1.2 Floresta Ombrófila Densa.....	18
1.3 Floresta Estacional Semidecidual	20
1.4 Restinga	22
1.5 Mudanças climáticas	24
1.6 Respostas das plantas aos filtros ambientais	25
2 OBJETIVOS	28
2.1 Objetivo Geral	28
2.2 Objetivos Específicos	28
REFERÊNCIAS	29
3 ANATOMIA DESCRITIVA DA MADEIRA DE ESPÉCIES LENHOSAS DA MATA ATLÂNTICA	42
3.1 Material e Métodos.....	43
3.2 Resultados.....	47
3.3 Discussão.....	75
3.4 Conclusão.....	80
4 O APORTE HÍDRICO LOCAL INFLUENCIA A ARQUITETURA HIDRÁULICA DAS ÁRVORES NA MATA ATLÂNTICA?.....	90
4.1 Material e Métodos.....	92
4.2 Resultados.....	97
4.3 Discussão.....	105
4.4 Conclusão.....	108
CONCLUSÕES FINAIS.....	109
REFERÊNCIAS.....	110

INTRODUÇÃO GERAL

Cerca de um terço da extensão total da superfície terrestre, a nível global, é ocupada por florestas, abrangendo aproximadamente 4,06 bilhões de hectares, dos quais cerca de 3,75 bilhões de hectares são classificadas como florestas naturais, representando 31% da área terrestre global, sendo metade desse território considerado intocado e mais de um terço é composto por florestas primárias (FAO, 2022; OLIVEIRA, 2022). Destaque-se que cinco países específicos, a Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China, abrangem uma parcela significativa de 54% de toda a área de florestas naturais no mundo (Fig. 1). As florestas tropicais, abrangendo 45% desse total de florestas, ocupam uma extensão de 1,8 bilhão de ha. Essas áreas são reconhecidas como ecossistemas terrestres extremamente antigos, complexos e diversos (MYERS, 1988; FAO, 2020; OLIVEIRA, 2022).

Figura 1 - Distribuição das florestas em escala global.



Legenda: Proporção e distribuição das florestas no mundo. Fonte: OLIVEIRA (2022) e Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) ano de 2020 (Fonte: [https:// www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/](https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/)).

Nas florestas tropicais da América do Sul, as mudanças climáticas, mostram um cenário de intensificação de eventos de seca, aumento de temperatura e ocorrência de índices pluviométricos irregulares, afetando diretamente os ecossistemas (MALHI et al., 2009; CAMPANILI & SCHAFFER, 2010; BELLARD et al., 2012; CHOU et al., 2014; LYRA, 2015; MARENGO et al., 2016; IPCC, 2021). No Brasil, parte da floresta tropical é atribuída a

Mata Atlântica. Este bioma, altamente suscetível às mudanças climáticas, destaca-se como uma das florestas mais ameaçadas de extinção global, sendo reconhecido como um dos 35 "hotspots" mundiais de biodiversidade (MYERS et al., 2000; RIBEIRO et al., 2009; LINO & SIMÕES, 2011; BELLARD et al., 2014; INPE, 2021). Diante desse cenário, as mudanças climáticas podem promover uma pressão sobre as comunidades vegetais, impactando na capacidade das espécies lenhosas em lidar com o aumento da temperatura, diminuição da precipitação e disponibilidade hídrica no solo (BARROS et al., 2019; PIREDÁ et al., 2019; BITTENCOURT et al., 2020; SIMIONI et al., 2020; LEVIONNOIS et al., 2021; CASTELAR et al., 2023). Deste modo, um estudo voltado para as características anatômicas e morfológicas das plantas oferece uma melhor compreensão de como as espécies lenhosas funcionam em diferentes níveis de disponibilidade hídrica, trazendo contribuições para previsões futuras mediante as mudanças climáticas.

A variação dos atributos anatômicos da madeira decorre da interação entre fatores genéticos específicos de cada espécie e das influências das variáveis ambientais, seja temperatura, gradiente altitudinal, solo ou precipitação (SCHOLZ et al., 2014; DÓRIA et al., 2016; SILVA, 2018). Essa relação ambiental direta é evidente na configuração do xilema secundário das espécies lenhosas, principalmente no que diz respeito aos tipos celulares, como vasos solitários ou agrupados em arranjos radiais, o parênquima axial paratraqueal ou apotraqueal, e suas dimensões, como a frequência, diâmetro e comprimento dos vasos, a espessura e comprimento das fibras e o tamanho dos raios, especialmente aqueles relacionados aos recursos hídricos (CARLQUIST, 1977, 2001; BAAS, 1982; DICKISON, 2000; CARLQUIST & SCHNEIDER, 2001; TYREE & ZIMMERMANN, 2002; BARROS et al., 2006; SILVA, 2018; TNG et al., 2018). Estudos têm direcionado sua atenção para os caracteres anatômicos e suas implicações no transporte hídrico, com especial ênfase nos elementos de vaso. Estes desempenham um papel crucial na eficiência e segurança do transporte de água no xilema, especialmente em relação ao suscetível processo de cavitação (BAAS, 2010; MCDOWELL et al., 2018). Alguns autores destacam a importância das fibras para garantir as características dos vasos e as estratégias de transporte hídrico (ZIEMINSKA et al., 2013, 2015; SIMIONI et al., 2020; CASTELAR et al., 2023).

A análise da variabilidade das características do xilema secundário em conjunto com fatores climáticos e ambientais tem viabilizado a identificação de tendências ecológicas para a madeira, sendo empregada como indicadores para correlacionar características anatômicas com o habitat das plantas, conforme diversos autores (SONSIN et al., 2012; SCHOLZ et al., 2014; DÓRIA et al., 2016; SILVA, 2018).

As propriedades do xilema podem adotar estratégias mais conservativas ou aquisitivas (REICH, 2014; ARAÚJO et al., 2021; FAGUNDES et al., 2022). Em situações de escassez de recursos, como baixa disponibilidade hídrica, favorecem-se estratégias conservadoras no que se refere à utilização e transporte de água, visto que em ambientes com baixa disponibilidade hídrica, as espécies exibem elementos celulares do xilema mais compactos e com propriedades conservativas (maior densidade da madeira, maior frequência de vasos com menor calibre, maior espessura da parede das fibras, maior parênquima axial) na condução hídrica, proporcionando um transporte mais seguro e resistente à obstrução por gases (CALDERA-JÚNIOR, 2009; CARLQUIST, 2015; GLEASON et al., 2016). Por outro lado, em ambientes com abundância de recursos, predominam abordagens hidráulicas aquisitivas (sem restrição hídrica), com espécies que possuem elementos celulares do xilema de maior dimensão e com características aquisitivas (menor densidade da madeira), possibilitando taxas superiores de transpiração por unidade de área do xilema, sendo mais propensas à cavitação (POORTER et al., 2010; DONOVAN et al., 2011; FAN et al., 2011; BRODRIBB et al., 2012; HACKE, 2015; MORRIS & JANSEN, 2016; GONÇALVES, 2020). Esses fatores supracitados são aguardados para as espécies vegetais que se perpetuam em diferentes variações ambientais, influenciando a maneira de como a planta utilizará o recurso hídrico no ambiente.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi investigar e descrever a arquitetura hidráulica de espécies lenhosas em três fitofisionomias (Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga), com base na disponibilidade hídrica do solo, relacionado com os atributos anatômicos e morfológicos do xilema secundário. Para isso, dividimos essa tese em dois capítulos:

Capítulo 1: Anatomia descritiva: análise da madeira em espécies lenhosas da Mata Atlântica. (Artigo submetido na revista Trees)

Capítulo 2: As condições hidrológicas locais influenciam a arquitetura hidráulica das árvores na Mata Atlântica? (Artigo submetido na revista IAWA)

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Mata Atlântica

A Mata Atlântica é um dos principais biomas que vem sofrendo um processo de fragmentação e de desmatamento contínuo, pelas atividades de extração madeireira e outras atividades econômicas exploratórias (DEAN, 1996; OLIVEIRA, 2015). Esse bioma ocupa uma grande parte do litoral brasileiro, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005). Com isso, os consecutivos processos de desmatamento sua área original de 1.315.460 km² foi drasticamente reduzida, restando apenas cerca 12,5 % de sua vegetação original, os outros 87,5 % foram desmatados para dar lugar a culturas de cana-de-açúcar, cacau, práticas agropecuárias e especulação imobiliária (CABRAL, 2004; SCARANO & CEOTTO, 2015; INPE, 2021).

Em relação a sua grande extensão, a Mata Atlântica apresenta amplas variações latitudinais, longitudinais e altitudinais, que, de maneira conjunta, explicam a subdivisão desse bioma em diversas fitofisionomias, cada uma caracterizada por microclimas específicos com variações pluviométricas, índices de irradiância e solo (RIZZINI et al., 1990; GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2003; RIBEIRO et al., 2009). Essas características geográficas, explicam o fato de a Mata Atlântica ser uma formação vegetacional heterogênea, composta por diversas fitofisionomias como: Florestas Ombrófilas Densa, Ombrófilas Mista (Mata de Araucária), Estacional Semidecidual e Estacional Decidual, além de ecossistemas associados como Manguezais, Restingas, Campos de Altitudes (JOLY et al., 1991). Sendo assim, estas características de heterogeneidade da Mata Atlântica são fatores facilitadores de altos índices de biodiversidade e endemismo (RIBEIRO et al., 2009). No entanto, esta grande biodiversidade de espécies encontra-se ameaçada devido aos constantes desmatamentos por fatores antrópicos (MYERS et al., 2000; EISENLOHR et al., 2015).

O estado do Rio de Janeiro apresenta atualmente 30,7% (cerca de 1.3 milhão ha) de sua Mata Atlântica original, sendo 10% (435.540 ha) de vegetação natural, 18,6% (814.563 ha) de remanescentes florestais, 1,2% (52.299 ha) de Restingas, os outros 0,6% (26.549 ha) em áreas naturais não florestais e 0,3% (11.895 ha) de Mangues (INPE, 2021). A partir disso, as áreas de conservação da Mata Atlântica para o estado do Rio de Janeiro, é possível verificar o risco em que algumas fitofisionomias podem perder sua composição vegetacional,

levando em consideração o devido papel que desempenham na manutenção da vida tanto da fauna como da flora. Diante disso, as fitofisionomias que compõem o mosaico vegetacional no bioma Mata Atlântica, alvo de estudo neste trabalho, incluem a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, caracterizada pela Reserva Biológica União, a Floresta Estacional Semidecidual pela Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba e a Restinga com a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Caruara (JOLY et al., 1991; INPE, 2021) (Fig. 2).

Figura 2 - Imagem de satélite mostrando a localização das unidades de conservação no estado do Rio de Janeiro.



Legenda: Em vermelho indicando os locais de coleta. Em amarelo indicando a distância entre as unidades de conservação. Fonte: Google Earth (<https://earth.google.com/web/>). Acessado em 02 de dezembro de 2023.

1.2 Floresta Ombrófila Densa

As Florestas Ombrófilas Densas são consideradas fitofisionomias úmidas, com precipitação anual acima dos 1.920 mm, umidade relativa do ar variando entre 75 e 95%, e temperatura oscilando entre 16 e 20 °C (RIBEIRO, 2012; VITÓRIA et al., 2016). As Florestas Ombrófilas são caracterizadas por apresentar um dossel bem consolidado com árvores bem desenvolvidas de porte alto e folhas largas, que limitam a chegada de luz no sub-

bosque (JOLY et al., 1991; RIBEIRO et al., 2009; MATSUDA, 2011; VITÓRIA et al., 2016) e portanto apresentam baixas taxas de irradiância (SILVA, 2021; SUN et al., 2021). Outro fator é a alta capacidade de retenção do solo, caracterizado como argiloso, evidenciando altos índices hídricos desse ambiente (MIRANDA et al., 2007; SILVA, 2009; QUESADA et al., 2011).

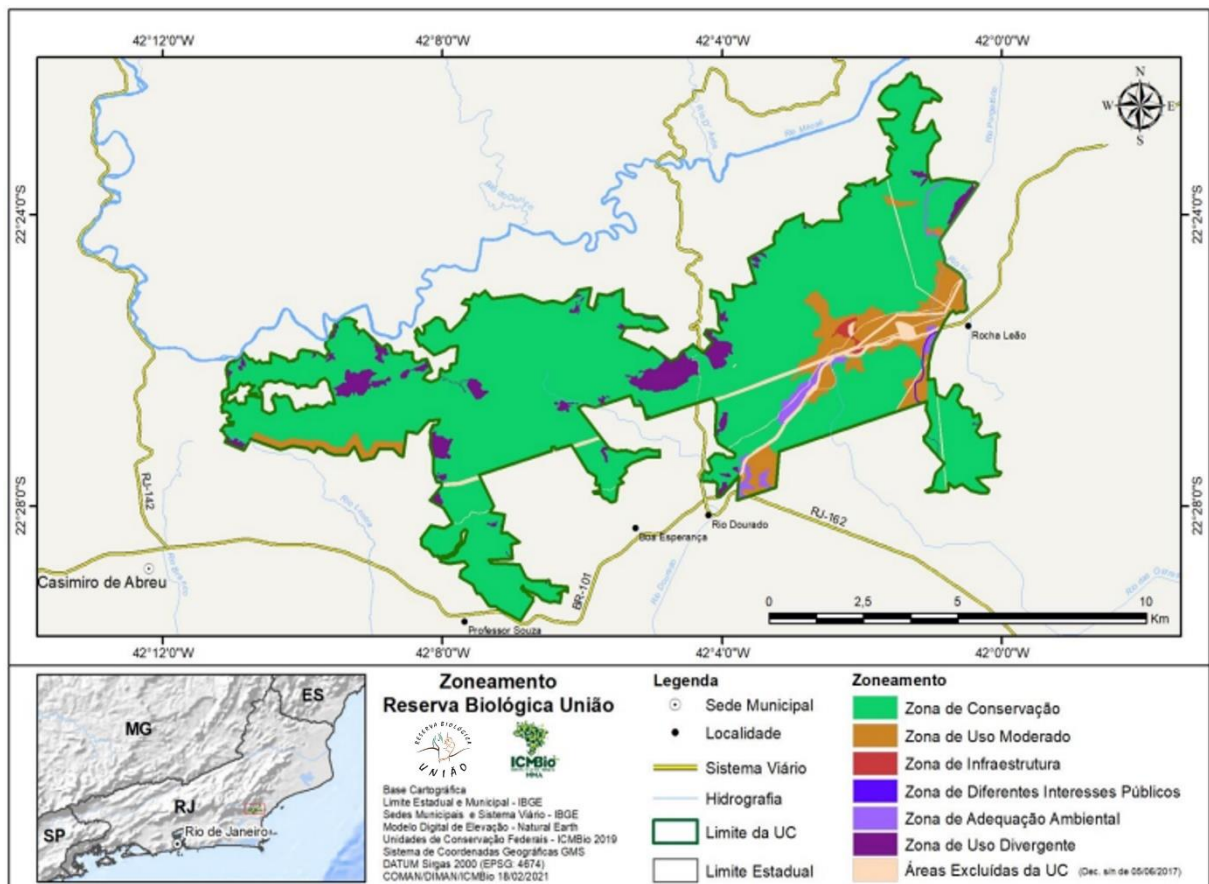
Diversos fatores ambientais desempenham um papel crucial no desenvolvimento da vegetação desta fitofisionomia, incluindo a disponibilidade de água, nutrientes e as características do relevo (ESSER et al., 2019). Esses elementos, em conjunto das variações altitudinais, exercem influência direta nas distintas formações da Floresta Ombrófila. Observa-se que a cada 100 metros de altitude, ocorre uma redução de 1°C nas temperaturas, acompanhada de alterações na umidade, na disponibilidade de nutrientes e na concentração de oxigênio no solo. (MURRAY-SMITH et al., 2009). Com isso, as formações são conhecidas como: Formação Aluvial, Formação de Terras Baixas, Formação Submontana, Formação Montana, Formação Alto Montana (VELOZO et al., 1991).

Desta maneira, cada formação se torna uma especificação da Floresta Ombrófila Densa, caracterizados e classificados da seguinte maneira: Alto Montana (acima de 1.500 m) – regiões serranas, a vegetação praticamente deixa de ser arbórea, pois predominam os campos de altitude; Montana (500 à 1.500 m) – recobre a encosta das regiões serranas; Submontana (50 à 500 m) – encontrada na parte serrana inferior; Terras Baixas (5 à 50 m) – encontrada nas grandes planícies; Aluvial (Até 5 m) – local que está quase sempre associado a corpos hídricos (ALMEIDA-NETO et al., 2008). No estado do Rio de Janeiro, um dos locais de Floresta Ombrófila Densa é a Reserva Biológica União (ReBio União), com vegetação caracterizada como: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Submontana, formações de áreas alagadas, pastagens abandonadas e trechos com eucaliptos (RODRIGUES, 2004; CHAZDON et al., 2007).

A ReBio União foi criada em 1998, com uma área de 7.769 ha, distribuídos pelos municípios de Rio das Ostras, Casimiro de Abreu e Macaé (ICMBIO, 2023). Antes de sua criação, em 1960 era denominada Fazenda União e pertencia a Rede Ferroviária Federal (RFFSA), que desmatou e implantou eucaliptos como os da espécie *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson (Myrtaceae) para seu próprio consumo de locomotivas a vapor (ICMBIO, 2023). Com o passar dos anos, com a pressão da sociedade civil e da comunidade científica, estabeleceu-se o artigo 5º do Decreto de 22 de abril de 1998, determinando a erradicação dos plantios de eucalipto existentes em seu perímetro e a criação da unidade de conservação (EVARISTO, 2011; ICMBIO, 2023). A ReBio União é

considerada umas das mais bem preservadas florestas existentes na baixada litorânea do Rio de Janeiro, apesar disso ela possui áreas de regeneração que no passado sofreram cortes seletivos, caça, introdução de espécies exóticas (eucalipto e frutíferas), redes de transmissão de alta tensão, torres de comunicação da Embratel e dutos subterrâneos para o transporte de combustíveis (RODRIGUES, 2004; RIBEIRO, 2007) (Fig. 3).

Figura 3 – Delimitação territorial da Reserva Biológica União.



Legenda: Zoneamento da Reserva Biológica União, município de Rio das Ostras, RJ, Brasil. Fonte: Plano de manejo da Rebio União (ICMBIO, 2023).

1.3 Floresta Estacional Semidecidual

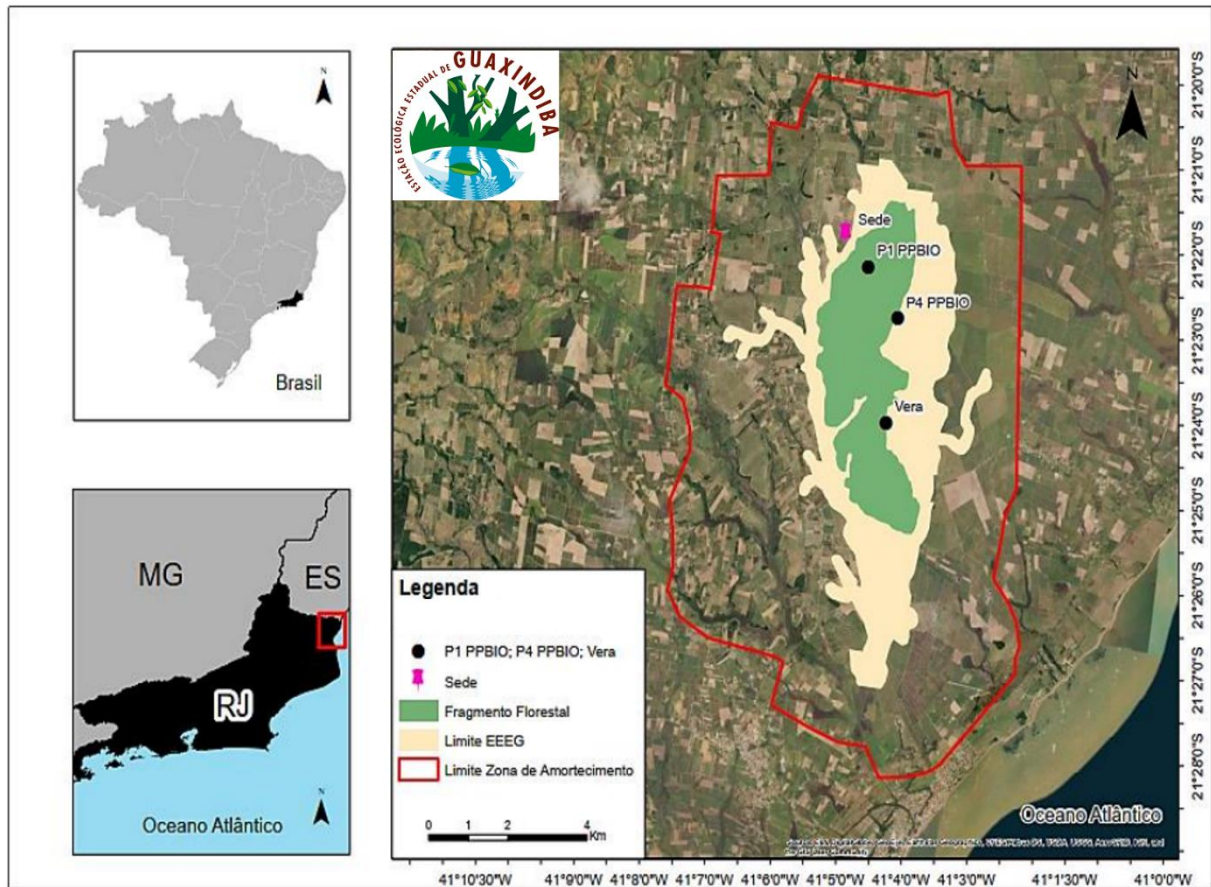
As Florestas Estacionais Semidecíduais são fitofisionomias mais secas em relação as Florestas Ombrófilas, com precipitação anual variando de 1.000 a 1.200 mm, umidade relativa do ar com média anual de aproximadamente 65%, e temperatura variando de 20 a 29

°C (ABREU et al., 2014; PIREDA et al., 2019). As Florestas Estacionais Semidecíduais são marcadas pelas quedas das folhas, principalmente, nos estratos superiores do dossel, durante o inverno onde o período é mais seco, o que permite a chegada de mais luz no sub-bosque (AGUIAR & GAGLIANONE, 2008; VALENTIN-SILVA et al., 2018). Dessa maneira, as condições de irradiâncias são mais altas que na Floresta Ombrófila (RABELO et al., 2013; PIREDA et al., 2019). Aliás, com o solo argilo-arenoso apresenta uma capacidade de retenção de água intermediária, justificando a condição hídrica dessa fitofisionomia (STEHMANN, 2009; EMBRAPA, 2011).

No estado do Rio de Janeiro, um dos maiores e importantes remanescentes encontrados no Norte Fluminense, é a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG) localizada no município de São Francisco de Itabapoana (INEA, 2013; CASTRO, 2015). A EEEG tem como característica marcante ser o último e maior remanescente de planície da Mata Atlântica localizado no domínio dos tabuleiros costeiros do Nordeste Fluminense (INEA, 2013). A fitogeografia da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas ou como Mata de Tabuleiros (GARAY et al., 2003).

A EEEG foi criada em 2002 (INEA, 2013), por meio do Decreto Estadual nº. 32.576, com o objetivo de preservação e conservação da natureza, sendo permitidas atividades de pesquisa científica e com finalidades educativas. É um remanescente internacionalmente conhecido como patrimônio da humanidade pelo programa “Homem e Biosfera” da UNESCO, estando caracterizado como Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (INEA, 2013). Devido à importância desse remanescente, em 1992 foi reconhecido pela UNESCO como Reserva da Biodiversidade da Mata Atlântica (INEA, 2013). A área da EEEG é de 3.260 ha, sendo que apenas 1.200 ha são de floresta (INEA, 2013). No entanto, os limites da floresta tendem a aumentar, uma vez que as áreas de pastagem e de cultivo de cana-de-açúcar, que circundavam a floresta, foram desapropriadas e iniciado o projeto de recuperação dessas áreas degradadas (INEA, 2013) (Fig. 4).

Figura 4 – Delimitação territorial da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.



Legenda: Zoneamento da Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, município de São Francisco de Itabapoana, RJ, Brasil. Fonte: (FREITAS, 2020).

1.4 Restinga

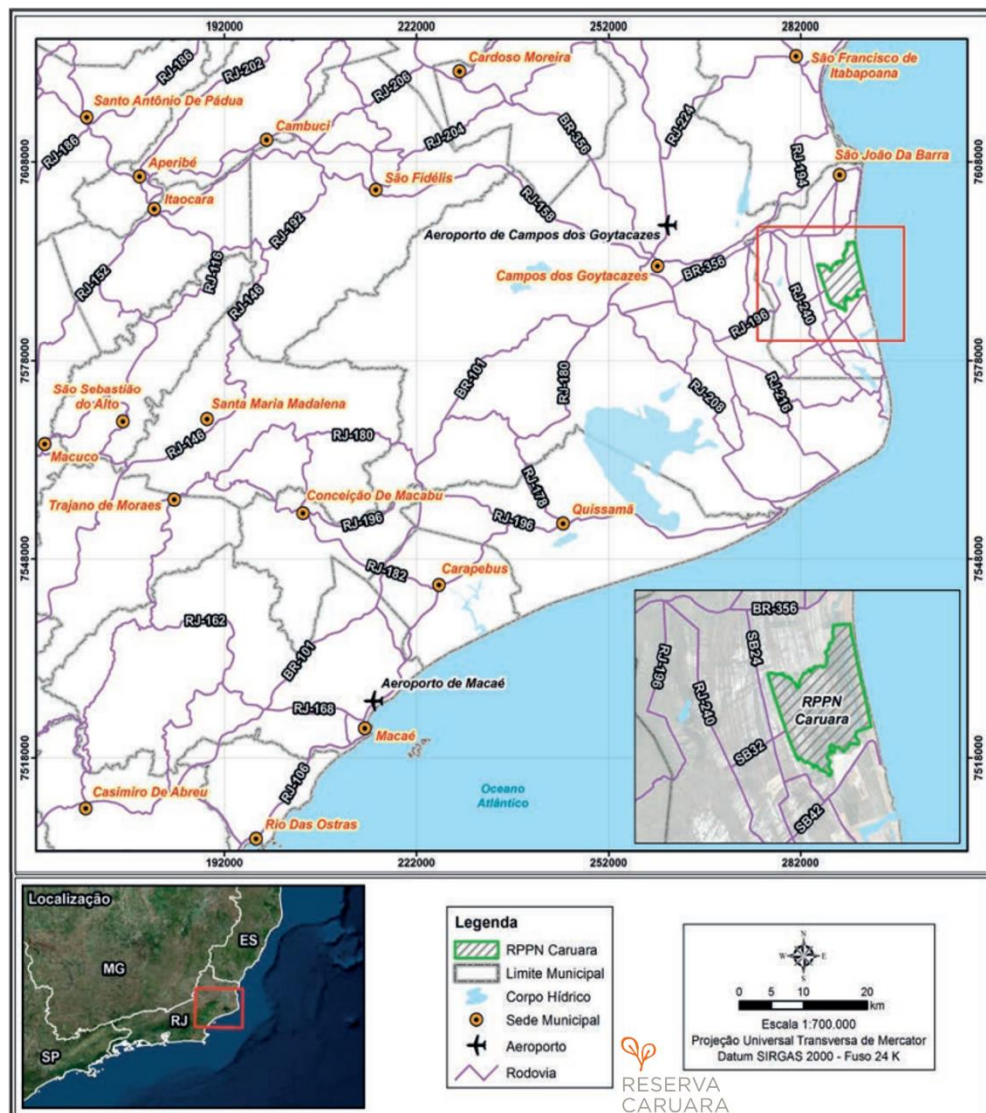
A Restinga é o ambiente mais seco em comparação as outras duas fitofisionomias. A precipitação média anual varia de 800 a 1.200 mm, com umidade relativa do ar com média anual de 58 %, e temperatura oscilando entre 20 e 30 °C (SCHERER-LORENZEN, 2015; MAU et al., 2018; PIREDÁ et al., 2020). Apesar das Restingas apresentarem áreas com formação arbórea podendo chegar até os 20 m de altura, a maior parte dessa fitofisionomia é constituída por moitas espaçadas (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; MORELLATO & TALORA, 2000; SILVA, 2003; ARAÚJO & PEREIRA, 2009; CRUZ et al., 2021). Sendo assim, as condições de irradiâncias nas Restingas são mais altas que nas outras duas fitofisionomias citadas anteriormente (AMORIM & MELO JUNIOR, 2017; PIREDÁ et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2023). Além disso, o solo arenoso das Restingas apresenta uma baixa

capacidade de retenção de água, o que reforça ainda mais a condição de escassez hídrica dessa fitofisionomia (KORTE et al., 2013; THOMAZI et al., 2013; PIREDÁ et al., 2020).

As planícies arenosas são chamadas aqui no Brasil de Restingas, pelo resultado das regressões marítimas durante o período Quaternário (SCARANO, 2002; FAZOLATO et al., 2017). Essas planícies arenosas ocorrem numa faixa de 30 a 500 km do litoral atlântico (LACERDA et al., 1993). Em 1785, foi a primeira vez que foi usado o termo Restinga na literatura, por naturalistas europeus, e a partir desse momento essa terminologia passou a ser empregada por botânicos, ecólogos, geólogos e historiadores (SUGUIO & TESSLER, 1984; REYS, 1997). O significado botânico para o termo restinga foi definido por Suguio & Tessler (1984), como “vegetação de restinga”, que é o conjunto de comunidades fisionomicamente distintas que sofrem influências fluviomarinhas ou marinhas e ocorrem em áreas com grande diversidade ecológica.

De acordo com Assumpção & Nascimento (2000), a classificação das Restingas da região do norte fluminense são: Formação Praial Graminóide (linha de maré alta até 250 m de distância do mar); Formação Praial com Moitas (250 a 580 m de distância do mar); Formação de Clusia (980 m de distância do mar); Formação de Mata de Restinga (980 a 2500 m de distância do mar). Dentre as áreas de Restinga existentes no estado do Rio de Janeiro, temos a Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara (RPPN Caruara), localizada no município de São João da Barra, criada em 2012 pela Porto do Açu Operações. A reserva foi criada com o intuito de promover e restaurar a biodiversidade dessa unidade de conservação, que sofreu ao longo dos anos uma redução devido a extração de madeira para a carvoaria, especulação imobiliária, extrativismo da pimenta-rosa (aroeira), pitanga e pela compensação ambiental da instalação do Complexo Portuário do Açu (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; FARAG, 2015). Esse fragmento é considerado o maior remanescente de Restinga de área privada do Brasil, com cerca de 4.000 ha, gerando conhecimento científico, educação e benefícios ambientais (ARAUJO & MACIEL, 1998; ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; FARAG, 2015; PIREDÁ et al., 2020; OLIVEIRA, 2023) (Fig. 5).

Figura 5 – Delimitação territorial da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara.



Legenda: Zoneamento da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Caruara, município de São João da Barra, RJ, Brasil. Fonte: (PLANO DE MANEJO RPPN CARUARA, 2018).

1.5 Mudanças climáticas

As mudanças climáticas representam uma ameaça substancial para as florestas, especialmente as tropicais, exigindo estratégias de mitigação e adaptação para preservar e assegurar a sustentabilidade a longo prazo (BERENGUER et al., 2014; GOMES et al., 2015; XAVIER et al., 2022). A previsão é que estas florestas sejam reduzidas pelas mudanças climáticas, em um cenário que os filtros ambientais se tornarão cada vez mais seletivos,

eliminando a presença das espécies mais suscetíveis (ASSIS & DE MATTOS, 2016; TAVARES et al., 2019). As projeções meteorológicas para as florestas tropicais na América do Sul nas próximas décadas indicam um aumento significativo na intensidade e frequência de eventos de seca, a presença de chuvas intensas e irregulares, e o acréscimo da temperatura (DE ANDRADE et al., 2017; GATTI et al., 2021; HEINRICH et al., 2021). Esses fatores estão previstos por causar alterações nas taxas demográficas das espécies, impactando de maneira direta a diversidade biológica, os serviços ecossistêmicos e a dinâmica dos ecossistemas (CAMPANILI & SCHAFFER, 2010; BELLARD et al., 2012; MARENGO et al., 2009; CHOU et al., 2014; LYRA, 2015).

Florestas que abrigam espécies com uma maior capacidade adaptativa tendem a ser menos suscetíveis aos impactos das mudanças climáticas. Embora no passado essas espécies tenham exibido a capacidade de se adaptar às variações climáticas, sua vulnerabilidade está aumentando devido à intensificação de estresses suplementares. Fatores como a fragmentação dos habitats, a introdução de espécies invasoras e a emissão de poluentes, têm contribuído para essa vulnerabilidade, como evidenciado na Mata Atlântica (KRUG, 2008). Esse bioma é fundamental para a análise dos efeitos ambientais nas características funcionais das espécies lenhosas vegetais. Isso se deve à presença de diversas fitofisionomias inseridas como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Florestas Estacional Semidecidual e Restinga que são distribuídas conforme fatores geográficos e recursos hídricos (CAMPANILI & SCHAFFER, 2010; BELLARD et al., 2014).

1.6 Respostas das plantas aos filtros ambientais

A água desempenha um papel crucial no desenvolvimento das plantas, pois é fundamental para a absorção e transporte de nutrientes necessários ao metabolismo, conforme descrito por Taiz & Zeiger (2013). No entanto, a complexa manutenção do equilíbrio hídrico, envolvendo a absorção, transporte e transpiração, representa um desafio considerável para as plantas terrestres. Esse desafio é agravado pelas rápidas mudanças nas condições climáticas, impondo uma crescente pressão ambiental sobre as plantas, conforme discutido por Anderegg (2015). Essas interações são de suma importância para o entendimento de como as plantas se adaptam diante das mudanças climáticas ambientais decorrentes.

As condições ambientais, relacionadas à disponibilidade hídrica no solo e à irradiância, entre as fitofisionomias em estudo são muito diferentes, induzindo alterações estruturais e morfológicas nas árvores, como ocorre nos elementos celulares do lenho submetidos a déficit hídrico. Em fitofisionomias com pouca disponibilidade hídrica, como a Floresta Estacional e Restinga, as árvores apresentam elementos de vaso com: maior frequência, diâmetro menor e paredes mais espessas; as fibras com maior espessura da parede; e a presença de células parenquimáticas auxiliando no armazenamento de água e outras substâncias como cristais de oxalato de cálcio e carboidratos (MORRIS & JANSEN, 2016; CAMPBELL et al., 2018; CASTELAR et al., 2023). Tais características são representativas de espécies com maior segurança no transporte de água, com baixo risco de embolia e comprometimento da eficiência hidráulica (POORTER et al., 2010; SIMIONI et al., 2023). Por outro lado, em fitofisionomias com maior disponibilidade hídrica, como a Floresta Ombrófila Densa, as mudanças da madeira estão representadas como: menor frequência e maiores diâmetros dos vasos; maior condutividade hidráulica teórica, em razão de ter maior acesso hídrico durante o ano todo, resultando em uma melhor condução hídrica (LENS et al., 2013; GLEASON et al., 2016; LI et al., 2016).

Segundo Swenson & Enquist (2007), as variações notáveis de precipitação e temperatura também afetam diretamente a densidade da madeira, que está extremamente relacionada às fibras. Nas regiões de baixa disponibilidade hídrica (e.g. Restinga), onde as temperaturas permanecem consistentemente altas e a precipitação geralmente é escassa, algumas espécies desenvolvem madeira mais compacta, apresentando fibras de parede mais espessa, elementos de vaso mais estreitos e em maior quantidade, além de uma maior incidência de parênquima total (MARQUES et al., 2007; CASTELAR et al., 2023). Espécies pioneiras, caracterizadas por um crescimento primário acelerado, exibem uma menor densidade da madeira em comparação com espécies de crescimento lento, embora essa relação não seja uniforme para todas as espécies (CHAVE et al., 2006).

É crucial ressaltar que as propriedades relacionadas à presença e ao uso de recursos hídricos pela madeira são fundamentais para compreender como as espécies vegetais dominantes reagem aos diferentes filtros ambientais. Diante desse contexto, propomos, por meio deste estudo, uma investigação acerca do desempenho das espécies lenhosas presentes em fitofisionomias como a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga. A nossa metodologia compreenderá uma análise abrangente de diversos elementos e variáveis relacionadas à presença e distribuição das condições hídricas

no solo, visando a uma apreciação minuciosa que permita discernir as diversas respostas das espécies vegetais frente à heterogeneidade das disponibilidades de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Investigar o funcionamento hidráulico a partir dos atributos anatômicos de espécies lenhosas ocorrentes em Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga da Mata Atlântica.

2.2 Específicos

1. Descrever as estruturas anatômicas da madeira das espécies lenhosas nas três fitofisionomias;
2. Investigar a relação entre as características anatômicas da madeira com a condutividade hidráulica teórica, densidade da madeira e vulnerabilidade;
3. Caracterizar o solo das três fitofisionomias;
4. Verificar a influência dos fatores abióticos como umidade do solo, precipitação, umidade relativa do ar, temperatura do ambiente na estrutura hidráulica das espécies;
5. Caracterizar os atributos do xilema secundário que apresentam variações decorrentes das diferenças ambientais das fitofisionomias;

REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. P.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Tree species diversity of coast allow land semideciduous forest fragments in northern Rio de Janeiro state, Brazil. *Bioscience Journal*, 30, 1529-1550, 2014.
- AGUIAR, W. M. & GAGLIANONE, M. C. Comunidade de Abelhas *Euglossina* (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. *Ecology, Behavior and Bionomics*. Campos dos Goytacazes, RJ, p. 119, 2008.
- ALMEIDA-NETO, M.; CAMPASSI, F.; GALETTI, M.; JORDANO, P.; OLIVEIRA-FILHO, A. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic forest: broad-scale patterns and macroecological correlates. *Global Ecology and Biogeography*, 17(4), 503–513, 2008.
- AMORIM, M. W. & MELO JUNIOR, J. C. F. Functional diversity of restinga shrub species on the coastal plain of southern Brazil. *International Journal of Development Research*, v. 7, p. 13189-13202, 2017.
- ANDEREGG, W. R. L. Spatial and temporal variation in plant hydraulic traits and their relevance for climate change impacts on vegetation. *New Phytologist*, [S. l.], v. 205, n. 3, p. 1008–1014, DOI: 10.1111/nph.12907, 2015.
- ARAÚJO D. S. D. & PEREIRA M. C. A. Vegetação costeira arenosa. In: *Enciclopédia de Sistemas de Suporte à Vida (EOLSS)*, *Biologia Tropical e Recursos Naturais*, p. 173 –189, 2009.
- ARAÚJO, D. S. D. & MACIEL, N. C. Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. *Boletim FBCN*, 25, p. 27-51, 1998.
- ARAÚJO, I.; MARIMON, B. S.; SCALON, M. C.; CRUZ, W. J.; FAUSET, S.; VIEIRA, T. C.; GLOOR, M. U. A variação intraespecífica nas características foliares facilita a ocorrência de árvores na transição Amazônia-Cerrado. *Flora*, 279, 151829, 2021.
- ASSIS, M. V. & DE MATTOS, E. A. Vulnerabilidade da vegetação de campos de altitude às mudanças climáticas. *Oecologia Australis*, v. 20, p. 24-36, 2016.
- ASSUMPÇÃO, J. A. N. & NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de Restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, R.J, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 14, p. 301-315, 2000.

B BERENGUER, E.; FERREIRA, J.; GARDNER, T. A.; ARAGÃO, L. E. O. C.; DE CAMARGO, P. B.; CERRI, C. E.; DURIGAN, M.; OLIVEIRA, R. C. D.; JUNIOR, VIEIRA, I. C. G.; BARLOW, J. Uma avaliação de campo em larga escala dos estoques de carbono em florestas tropicais modificadas pelo homem. *Global Change Biology*, 20: 3713-3726, 2014.

BAAS, P. & WHEELER, E. A. Wood anatomy and climate change. *Iawa Journal*, 2010.

BAAS, P. New perspectives in wood anatomy. Leiden, The Netherlands: Forestry Sciences, p. 252, 1982.

BARROS, C. F.; MARCON-FERREIRA, M. L.; CALLADO, C. H.; LIMA, H. L. P; DA CUNHA, M.; MARQUETE, O.; COSTA, C. G. Tendências Ecológicas na Anatomia da Madeira de Espécies da 67 Comunidade Arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 57 (3): p. 443-460, 2006.

BARROS, F. V. et al., Hydraulic traits explain differential responses of Amazonian forests to the 2015 El Niño-induced drought. *New Phytologist*, v. 223, n. 3, p. 1253– 1266. DOI: 10.1111 / nph.15909, 2019.

BELLARD, C.; BERTELSMEIER, C.; LEADLEY, P.; THUILLER, W. E.; COURCHAMP, F. Impactos das alterações climáticas no futuro da biodiversidade. *Cartas de Ecologia*, 15: 365-377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>, 2012.

BELLARD, C.; LECLERC, C.; LEROY, B.; BAKKENES, M.; VELOZ, S.; THUILLER, W.; COURCHAMP, F. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography*, v. 23(12), p. 1376–1386, 2014.

BITTENCOURT, P. R. L.; OLIVEIRA, R. S.; DA COSTA, A. C. L.; GILES, A. L.; COUGHLIN, I.; COSTA, P. B.; BARTHOLOMEW, D. C.; FERREIRA, L. V.; VASCONCELOS, S. S.; BARROS, F. V.; JUNIOR, J. A. S.; OLIVEIRA, A. A. R.; MENCUCCINI, M.; MEIR, P.; ROWLAND, L. Amazonia trees have limited capacity to acclimate plant hydraulic properties in response to long-term drought. *Global Change Biology*, v. 26, p. 3569-3584, 2020.

BRODRIBB, T. J.; PITTERMANN, J.; COOMES, D. A. Elegância versus velocidade: examinando a competição entre árvores coníferas e angiospermas. *Internacional J. Planta Sci*, 173, p. 673-694, 2012.

CABRAL, D. C. Produtores rurais e indústria madeireira no Rio de Janeiro do final do século XVIII: evidências empíricas para a região do Vale do Macacu. *Ambiente & Sociedade*, 7. Disponível em: ISSN 1414-753X, 2004.

CALDERA-JÚNIOR, C. F. Xilema e propriedades hidráulicas de plantas de *Caryocar brasiliense* Camb. (Pequi) em diferentes ambientes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, p. 42, 2009.

CAMPANILI, M. & SCHAFFER, W. B. Mata Atlântica - Patrimônio Nacional dos Brasileiros / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Brasília, DF: Biodiversidade, n. 34, p. 408, 2010.

CAMPBELL, G.; MIELKE, M. S.; RABELO, G. R.; DA CUNHA, M. Key anatomical attributes for occurrence of *Psychotria schlechtendaliana* (Müll. Arg.) Müll. Arg. (Rubiaceae) in different successional stages of a tropical moist forest. *Flora*, v. 246, p. 33-41, 2018.

CARLQUIST, S. & SCHNEIDER, E. L. Vegetative Anatomy of the New Caledonian Endemic *Amborella trichopoda*: Relationships with the Dliciales and Implications for Vessel Origin. *Pacific Science*, v. 55, n. 3, p. 305–312, 2001.

CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer – Verlaag, Berlin, 2001.

CARLQUIST, S. Ecological Factors in Wood Evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany*, v. 64(7), p. 887, 1977.

CARLQUIST, S. Living cells in wood. 1. Absence, scarcity and histology of axial parenchyma as keys to function, *Botanical journal*, v.177, p. 291-321, 2015.

CASTELAR, J. V. S.; DA CUNHA, M.; SIMIONI, P. F.; CASTILHORI, M. F.; LIRA-MARTINS, D.; GILES, A. L.; COSTA, W. S.; ALEXANDRINO, C. R.; CALLADO, C.H. Functional traits and water-transport strategies of woody species in an insular environment in a tropical forest. *Am. J. Bot.* e16214. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16214>, 2023.

CASTRO, P. F. Atlas das unidades de conservação do Estado do Rio de Janeiro, 2ª edição, Metalivros, São Paulo, 2015.

CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H. C.; BAKER, T. R.; EASDALE, T. A.; STEEGE, H. T.; WEBB, C. O. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical

tree species. *Ecological applications*, 16(6), 2356-2367, 2006.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, S. G.; VAN BREUGEL, M.; MARTINEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Taxas de mudança nas comunidades de árvores de florestas neotropicais secundárias após grandes distúrbios. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, 362 (1478), 273-289. Doi: 10.1098/ rstb.2006.1990, 2007.

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DERECHYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; MARENGO, J. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change*, v. 03, n. 05, p. 512–527, 2014.

CRUZ, N. M. L.; DE SOUZA, T. P.; NASCIMENTO, D. F.; NASCIMENTO, M. T. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. *Austral Ecology*, v. 47, p. 13114-1, 2021.

DE ANDRADE, R. B.; BALCH, J. K.; PARSONS, A. L. et al., Cenários de degradação florestal tropical: trajetórias de estoque de carbono para REDD+. *Gerenciamento do Balanço de Carbono*, v. 12, p. 6, 2017.

DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia das Letras, São Paulo, 1996.

DICKISON, W. C. *Integrative Plant Anatomy*. Academic Press, Elsevier Science, p. 533, 2000.

DONOVAN, L. A.; MAHERALI, H.; CARUSO, C. M.; HUBER, H.; KROON, H. The evolution of the worldwide leaf economics spectrum. *Trends in ecology and evolution*, v. 26, n. 2: p. 88-95. 2011.

DÓRIA, L. C.; PODADERA, D. S.; BATALHA, M. A.; LIMA, R. S.; MARCATI, C. R. Do woody plants of the Caatinga show a higher degree of xeromorphism than in the Cerrado? *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 224, p. 244–251, 2016.

EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; PRADO, J. The Brazilian Atlantic Forest: new findings, challenges and prospects in a shrinking hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 24: 2129–2133, 2015.

EMBRAPA. Embrapa Solos: relatório de gestão/atividades 2011. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, p. 96, 2011.

ESSER, L. F.; NEVES, D.; JARENKOW, J. A. Habitat-specific impacts of climate change in the Mata Atlântica biodiversity hotspot. *Divers Distrib*, 25: 1846– 1856. <https://doi.org/10.1111/ddi.12984>, 2019.

EVARISTO, V. T.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Regeneração da Mata Atlântica em plantações abandonadas de eucalipto *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson) no Rio de Janeiro, Brasil. *Interciência*, 36(6), 431-436, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33919418006>, 2011.

FAGUNDES, M. V.; SOUZA, A. F.; OLIVEIRA, R. S.; GANADE, G. Functional traits above and below ground allow species with distinct ecological strategies to coexist in the largest seasonally dry tropical forest in the Americas. *Frontiers in Forests and Global Change*. 5, 930099, 2022.

FAN, D. Y.; JIE, S. L.; LIU, C. C.; ZHANG, X. Y.; XU, X. W.; ZHANG, S. R.; XIE, Z. Q. The trade-off between safety and efficiency in hydraulic architecture in 31 woody species in a karst area. *Tree Physiology*, v. 31, n. 8, p. 865–877, 2011.

FANH, A. *Plant Anatomy*. 3 ed. Pergamon Press, Madrid, 1982.

FAO. Global Forest Resources Assessment 2020. Key findings. Rome: [s.n.]. Disponível em: [https:// www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/](https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/), 2020.

FARAG, P. R. C. Implantação da RPPN Fazenda Caruara. In: FREIRE, M.G.M.; MUSSI-DIAS, V.; SIQUEIRA, G.M.B.; NASCIMENTO, D.F. O Tempo e a restinga. Campos dos Goytacazes, p. 349, 2015.

FAZOLATO, C.; FERNANDES, F.; BATALHA-FILHO, H. The effects of quaternary sea level fluctuations on the evolutionary history of an endemic ground lizard (*Tropidurus hygomi*). *Zoologischer Anzeiger-A, Journal of Comparative Zoology*, 270: 1-8, 2017.

FREITAS, G. V. Abundância de espécies arbóreas e sua relação com atributos do lenho e da folha em uma floresta atlântica estacional semidecidual. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, p. 11, 2020.

GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, E. Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese. In: Galindo-Leal, C., Rodrigues, E. (Eds.), Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas. Fundação SOS Mata Atlântica Conservação Internacional, São Paulo, pp. 03–11, 2005.

GALINDO-LEAL, C. & I.G. CÂMARA. Atlantic Forest hotspots status: An overview. in C. GALINDO-LEAL & I.G. CÂMARA (eds.). The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. pp. 3-11. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C, 2003.

GARAY, et al., A Floresta Atlântica de Tabuleiros: Diversidade Funcional da Cobertura Arbórea. Editora Vozes Ltda. Petrópolis, 2003.

GATTI, L. V.; BASSO, L. S.; MILLER, J. B. et al., A Amazônia como fonte de carbono ligada ao desmatamento e às mudanças climáticas. *Natureza*, 595, p. 388–393, 2021.

GLEASON, S. M.; WESTOBY, M.; JANSSENS, S.; CHOAT, B.; HACKE, U. G.; PRATT, R. B.; BAHZKAR, R.; BRODRIBBS, T. J.; BUCCI, S. J.; CAO, K. F.; COCHARD, H.; DELZON, S.; DOMEC, J. C.; FAN, Z. X.; FEILD, T. S.; JACOBSEN, A. L.; JOHNSON, D. M.; LENS, F.; MAHERALI, H.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; MAYR, S.; MCCULLOH, K. A.; MENCUCCINI, M.; MITCHELL, P. J.; MORRIS, H.; NARDINI, A.; PITTERMANN, J.; PAVCOVÁ, L.; SCHEREIBS, S. G.; SPERRY, J. J.; WRIGHT, I. J.; ZANNE, A. E. Weak tradeoff between xylem safety and xylem-specific hydraulic efficiency across the world's woody plant species. *New Phytologist*, v. 209, n. 1, p. 123– 136, 2016.

GOMES, J. B.; WEBLER, A. D.; AGUIAR, R. G.; AGUIAR, L. J. G.; NUNES, M. L. A. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na amazônia: quais as implicações no microclima da região? *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, p. 67-81, 2015.

GONÇALVES, R. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; DE MORAES, M. L. T.; CAMBUIM, J.; MARTINS, A. R. Anatomical variation in vascular attributes of wood of *Astronium fraxinifolium* Schott trees from the soil loan area of a hydroelectric plant and an experimental plantation, *Flora*, v. 265, 2020.

HACKE, U. G.; SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T.; DAVIS, S. D.; MCCULLOH, K. A. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457–461, 2001.

HEINRICH, V. H. A.; DALAGNOL, R.; CASSOL, H. L. G. et al., Grande potencial de sumidouro de carbono das florestas secundárias na Amazônia brasileira para mitigar as mudanças climáticas. *Nat Commun*, v.12, p. 1785, 2021.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de manejo da Reserva Biológica União, p. 75, 2023.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Plano de Manejo. Resumo Executivo - Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG). Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro: INEA, p. 45, 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais & Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2021. Mitigation of Climate Change, 2021.

JOLY, C. A.; LEITÃO FILHO, H. F.; SILVA, S. M. O patrimônio florístico. In Mata Atlântica (I.G. Câmara, coord.). Index/Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo, p. 97-125, 1991.

KORTE, A., GASPER, A.L., KRUGER, A., SEVEGNANI, L. Composição florística e estrutura das restingas de Santa Catarina. In: A. C. Vibrans, L. Sevegnani, A. L. Gasper D. V. Lingner (eds.). Inventário florístico florestal de Santa Catarina: floresta ombrófila densa. v. 4. Edifurb, Blumenau, pp. 285-309, 2013.

KRUG, T. Impactos, vulnerabilidade e adaptação das florestas à mudança climática. Parcerias Estratégicas, v. 27, p. 43-72, 2008.

LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; MACIEL N. C. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In Van der Maarel, E. (ed.). Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia, Oceania. Amsterdam, p. 477–493, 1993.

LENS, F.; TIXIER, A.; COCHARD, H.; SPERRY, J. S.; JANSEN, S.; HERBETTE, S. Embolism resistance as a key mechanism to understand adaptive plant strategies. Current Opinion in Plant Biology, 16, 287– 292, 2013.

LEVIONNOIS, S.; JANSEN, S.; WANDJI, R. T.; BEAUCHÊNE, J.; ZIEGLER, C.; COSTE, S.; STAHL, C.; DELZON, S.; AUTHIER, L.; HEURET, P. Relacionando a resistência à embolia do xilema induzida pela seca com características anatômicas da madeira em árvores Neotropicais. Novo Fitol, 229: 1453-1466. <https://doi.org/10.1111/nph.16942>, 2021.

LI, S.; LENS, F.; ESPINO, S.; KARIMI, Z.; KLEPSCH, M.; SCHENK, H. J.; JANSEN, S. Intervessel pit membrane thickness as a key determinant of embolism resistance in angiosperm xylem. *Iawa Journal* 37: 152–171, 2016.

LINO, C. F. & SIMÕES, L. L. Avaliação do cumprimento das metas globais e nacionais de biodiversidade 2010 para a Mata Atlântica, p.147, 2011.

LYRA, A. DE A. Estudo de vulnerabilidade do bioma Amazônia aos cenários de mudanças climáticas. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, p. 128, 2015.

MALHI, Y., et al., Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests, *Global Change Biol.* 15, 1255–1274, 2009.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*, v. 29(15), p. 2197-2352, 2009.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, p. 1189-1200, 2016.

MARQUES, P. A.; ARAUJO, G. U. C.; BARROS, C. F.; CALLADO, C. H. Anatomia do lenho de três espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae) de mata e restinga. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 801-803, 2007.

MATSUDA, S. P. H. Mata Atlântica: legislação ambiental aplicável a floresta ombrófila densa no estado de São Paulo. Monografia em Gerenciamento Ambiental da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz - ESALQ / USP Piracicaba, 2011.

MAU, A. C.; REED, S. C.; WOOD, T. E.; CAVALERI, M. A. Temperate and tropical forest canopies are already functioning beyond their malthre sholds for photosynthesis. *Forests*, 9: 47, 2018.

MCDOWELL, N.; ALLEN, C. D.; BRANDO, P.; BRIENEN, R.; CHAMBERS, J.; CHRISTOFFERSEN, B.; DAVIES, S.; DOUGHTY, C.; DUQUE, A.; ESPIRITO-SANTO, F.; FISHER, R.; FONTES, C. G.; GALBRAITH, D.; GOODSMAN, D.; GROSSIORD, C.; HARTMANN, H.; HOLM, J.; JOHNSON, D. J.; KASSIM, A. R.; KELLER, M.; JKOVEN, C.; KUEPPERS, L.; KUMAGAI, T.; MALHI, Y.; MCMAHON, S. M.; MENCUCCINI, M.; MEIR, P.; MOORCROFT, P.; MULLER-LANDAU, H. C.; PHILLIPS, O. L.; POWELL, T.; SIERRAS, C. A.; SPERRY, J.; WARREN, J.; XU, C.; XU, XIANGTAO. Drivers and

mechanisms of tree mortality in moist tropical forests. *New Phytologist*, v. 219, p. 851-869, 2018.

MIRANDA, C. C.; CANELLAS, I. P.; NASCIMENTO, M. T. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e plantios abandonados de eucalipto, Reserva Biológica União, RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 905-916, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente – Departamento de Áreas Protegidas - julho de 2023. Painel Unidades de Conservação Brasileiras. Acessado em 19.12.2023, 2023.

MORELLATO, L. P. C. & HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 32: 786–792, 2000.

MORRIS, H. & JANSEN, S. Secondary xylem parenchyma from classical terminology to functional traits. *Iawa Journal*, 37, 1-15, 2016.

MURRAY-SMITH, C. et al. Plant diversity hotspots in the Atlantic coastal forest of Brazil. *Conservation Biology*, Nova Jersey, v. 23, n. 1, p. 151-163, 2009.

MYERS, N. Threatened Biotas: “Hot Spots” in Tropical Forests. *The Environmentalist*, v. 8, n. 3, p. 187–208, 1988.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–8, 2000.

OLIVEIRA, A. S.; TRINDADE, A. L. C.; CLEMENTE, C. C.; CHO, D. F.; MORELLI, F.; ZACHARIAS, G. C.; FERREIRA, G. P.; MORITA, J. P.; CAITANO, L. L.; MUCHAGATA, M.; OLIVEIRA, M. S.; MATTOS, P. P.; FERRAZ, P. C.; LEÃO, R. A.; OLIVEIRA, Y. M. M. IBAMA. Relatório de qualidade do meio ambiente: RQMA: Brasil 2020. Brasília, DF, cap. 5, p. 302-365, 2022.

OLIVEIRA, C. C. et al., Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. *Austral Ecology* 40: 40–49, 2015.

OLIVEIRA, D. S.; SIMIONI, P. F.; ARAÚJO, I.; PIREDÁ, S.; PESSOA, M. J. G.; FEITOZA, R. B. B.; OLIVEIRA, G. S.; AMARAL, G. F.; DA CUNHA, M. Effects of microclimatic variation on plant leaf traits at the community level along a tropical forest gradient. *Trees-structure and function*, v. 37, p. 1, 2023.

OLIVEIRA, R. R. “Fruto da terra e do trabalho humano”: paleoterritórios e diversidade da Mata Atlântica no Sudeste brasileiro. *Revista de História Regional*, 20 (2): 277-299, 2015.

PIREDA, S. F.; OLIVEIRA, D. S.; BORGES, N. L.; FERREIRA, G. A.; BARROSO, L. M.; SIMIONI, P.; VITÓRIA, A. P.; DA CUNHA, M. Acclimatization capacity of leaf traits of species cooccurring in restinga and seasonal semideciduous forest ecosystems. *Environmental and Experimental Botany*, 2019.

PIREDA, S.; OLIVEIRA, D. S.; BORGES, N. L.; FERREIRA, G. A.; BARROSO, L. M.; SIMIONI, P.; VITÓRIA, A. P.; DA CUNHA, M. Data on leaf structural, physiological and nutritional characteristics of species co-occurring in Restinga and Semideciduous Seasonal Forest ecosystems. *Data in Brief*. 30, 105484. 2020.

PLANO DE MANEJO RPPN CARUARA. IPF, Soluções Florestais, p. 250 São João da Barra, RJ, Brazil, 2018.

POORTER, L.; MCDONALD, I.; ALARCÓN, A.; FICHTLER, E.; LICONA, J. C.; PEÑA-CLAROS, M.; SASS-KLAASSEN, U. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. *New phytologist*, 185: 481-492, 2010.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; E CZIMCZIK, C. I. Solos da Amazônia com referência particular aos locais RAINFOR, *Biogeosciences*, 8, p. 1415–1440. <https://doi.org/10.5194/bg-8-1415-2011>, 2011.

RABELO, R. G.; VITÓRIA, A. P.; DA SILVA, M. V. A.; CRUZ, R. A.; PINHO, E. I. B.; RIBEIRO, D. R.; FREITAS, A.V.; DA CUNHA, M. Structural and ecophysiological adaptations to forest gaps. *Trees*, v. 27, p. 259–272, 2013.

REICH, P. B. The world-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. *Journal of Ecology*. 102, 275–301, 2014.

REYS, M. M. C. Manuscritos de Manoel Martinz do Couto Reis, 1785. Arquivo Público do Estado do Rio de Janeiro, 1997.

RIBEIRO, A. C. C. Efeito da Remoção da Serrapilheira no Estabelecimento de Plântulas de Espécies Nativas da Mata Atlântica em Plantios de Eucalipto. Dissertação (Mestre em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Rio de Janeiro, p. 76, 2007.

RIBEIRO, D. R. Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Ecofisiologia e sazonalidade em espécies de Mata Atlântica: avaliações da fotossíntese e potencial hídrico como parâmetros para discriminar grupos do início do processo sucessional. Tese de Doutorado. Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, 2012.

RIBEIRO, S. P.; CORRÊA, T. L.; SOUSA, H. C. Microscopic variability in mechanical defence and herbivory response in microphyllous leaves of tropical herb species from Serra do Cipó, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 33(2), p. 237-246, 2009.

RIZZINI, C. M.; PEREIRA, C.; OCCHIONI, E. M. L.; AGAREZ, F. V. Considerações sobre a ocorrência de Cactaceae na APA de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 4, p. 171-182, 1990.

RODRIGUES, P. J. F. P. A vegetação da Reserva Biológica União e os efeitos de borda na Mata Atlântica fragmentada. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, p. 136, 2004.

SCARANO, F. R. & CEOTTO, P. Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*, 24: 2319–2331, 2015.

SCARANO, F. R. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. *Ann. Bot.* 90, 517-524, 2002.

SCHERER-LORENZEN, M. Forest ecology: Conservation through closure. *Nature Plants*. 1, 15116. Schlichting, C.D., 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annu Rev. Ecol. Syst.* 17, 667– 693, 2015.

SCHOLZ, A.; STEIN, A.; CHOAT, B.; JANSEN, S. How drought and deciduousness shape xylem plasticity in three Costa Rican woody plant species. *IAWA Journal*, v. 35, n. 4, p. 337–355, 2014.

SILVA, D. S.; VASCONCELLOS, T.; CALLADO, C. Effects of urbanization on the wood anatomy of *Guarea guidonia*, an evergreen species of the Atlantic Forest. *Trees*. 37. 10.1007/s00468-020-02080-w, 2021.

SILVA, J. R. DA. Anatomia, densidade e condutividade hidráulica potencial do xilema secundário de árvores de três procedências de *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Rutaceae) em plantios homogêneos. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -UNESP. Instituto de Biociências. Botucatu, SP, p77, 2018.

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da Caatinga do Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 23(2): 436-445, 2009.

SILVA, S. M. Diagnóstico das Restingas no Brasil. Departamento de botânica-setor de ciências biológicas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

SIMIONI, P. F.; EMILIO, T.; GILES, A. L.; DE FREITAS, G. V.; OLIVEIRA, R. S.; SETIME, L.; VITORIA, A. P.; PIREDÁ, S.; DA SILVA, I. V.; DA CUNHA, M. Traços anatômicos relacionados ao funcionamento hidráulico de folhas e ramos na Amazônia plantas de savana, *AoB PLANTS*, v. 15, 2023.

SIMIONI, P.; CAMPBELL, G.; PINTO, V. D.; CASTELAR, J. V. D. S.; PESSOA, M. J. G.; SILVA, I. V. D.; DA CUNHA, M. Do anatomical wood traits suggest adjustments in the hydraulic architecture of dominant species in Amazonian savannah? *Plant Biosystems*, p. 1-12, 2020.

SONSIN, J. O.; GASSON, P. E.; BARROS, C. F.; MARCATI, C. R. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerrado s.s. and adjacent gallery forest). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 170, n. 2, p. 257–276, 2012.

STEHMANN, J. R. Plantas da floresta Atlântica. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 516, 2009.

SUGUIO, K. & TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: Origem e nomenclatura. In: L. D. Lacerda; D. S. D. Araujo; R. Cerqueira; B. Turcq (Eds.) *Restingas Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói, p. 15–26, 1984.

SUN H.; ZHANG, S.; TAO, L.; HUANG, W. Decreased photosystem II activity facilitates acclimatization to fluctuating light in the *Paris polyphylla* understory plant. *Biochimica et Biophysica Acta – Bioenergetics*. 1861(2):1-8, 2021.

SWENSON, N. G. & ENQUIST, B. J. Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community-wide variation across latitude and elevation. *American journal of botany*, 94(3), 451-459, 2007.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5a ed. Porto Alegre, Artmed, p. 223–224, 2013.

TAVARES, V. C., DE ARRUDA, Í. R. P., DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. *Geosul*, 34(70), 385-405, 2019.

THOMAZI, D. R.; ROCHA, T. R.; OLIVEIRA, V. M.; BRUNO, S. S.; SILVA G. A. Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. *Natureza on line*, 11(1): 1-6, 2013.

TNG, D. Y. P.; APGAUA, D. M. G.; ISHIDA, Y. F.; MENCUCCINI, M.; LLOYD, J.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. W. Rainforest trees respond to drought by modifying their hydraulic architecture. *Ecology and Evolution*, 8, 12479–12491, 2018.

TYREE, M. T. & ZIMMERMANN, M. H. Hydraulic architecture of whole plants and plant performance. 175–214, 2002.

VALENTIN-SILVA, A.; STAGGEMEIER, V. G.; BATALHA, M. A.; GUIMARÃES, E. What factors can influence the reproductive phenology of Neotropical Piper species (Piperaceae) in a semi-deciduous seasonal forest? *Botany*, 96: 675-684, 2018.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, p. 124, 1991.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, p. 124, 1991.

VITORIA, A. P.; VIEIRA, T. O.; CAMARGO, P. B.; SANTIAGO, L. S. Using leaf $\delta^{13}\text{C}$ and photosynthetic parameters to understand acclimation to irradiance and leaf age effects during tropical forest regeneration, *Forest Ecology and Management*, v. 379, p. 50-60, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.048>, 2016.

XAVIER, J.; MUNIZ, B. R. B.; KANIESKI, M. R.; CAMPOS, C. G. C.; HENKES, J. A. Impactos das Mudanças Climáticas nas Florestas Tropicais. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 11(2), 65-82, 2022.

ZIEMINSKA, K.; BUTLER, D.W.; GLEASON, S.M.; WRIGHT, I.J.; WESTOBY, M. Fibre wall and lumen fractions drive wood density variation across 24 Australian angiosperms. *AoB Plants*, v.5, p. 46, 2013.

ZIEMINSKA, K.; WRIGHT, I. J.; WESTOBY, M. Broad anatomical variation within a narrow wood density range – a study of twig wood across 69 Australian angiosperms. *Plos One*, p. 10, 2015.

3 ANATOMIA DESCRITIVA DA MADEIRA DE ESPÉCIES LENHOSAS DA MATA ATLÂNTICA

A descrição da anatomia da madeira visa aprofundar o entendimento sobre os diversos tipos celulares que compõem o xilema secundário, estabelecendo conexões com suas funções e organização, como uma ferramenta essencial no reconhecimento e identificação das madeiras, oferecendo um elevado grau de segurança e confiabilidade (BOTOSSO, 2011). A lista proposta pelo IAWA (1989) para a identificação de madeiras relaciona especificidades microscópicas que devem ser consideradas durante o processo de identificação anatômica, destacando que a estrutura anatômica vegetal é crucial para a realização dos seus processos fisiológicos à medida que as plantas interagem com fatores bióticos e abióticos (TAIZ & ZEIGER, 2013; MARQUES et al., 2007; DA SILVA & MELO JÚNIOR, 2017).

Nessa perspectiva, Baas et al., (1983) destacam que a anatomia da madeira pode ser analisada através de três enfoques principais (e.g. ecológico, filogenético e sistemático). É conhecido que a estrutura da madeira guarda uma relação direta com diversos aspectos da ecofisiologia vegetal (e.g. resposta às condições ambientais, como temperatura, luz, umidade, disponibilidade de nutrientes e interações com outros organismos), contribuindo com a interpretação e compreensão tanto de crescimento arbóreo quanto da aclimação das árvores ao meio ambiente circundante (MARCHIORI, 1993). Os dados específicos que correlacionam a anatomia da madeira com características ambientais proporcionam insights valiosos sobre os atributos evolutivos e adaptativos das espécies lenhosas (CASTELAR et al., 2023).

Nesse contexto, analisamos e descrevemos os componentes celulares da madeira, proporcionando uma compreensão e colaboração das identificações das espécies lenhosas ocorrentes nas diferentes variações ambientais encontradas nas fitofisionomias da Mata Atlântica. Para isso, hipotetizamos que existem diferenças anatômicas específicas que permitam a identificação única dos caracteres diagnósticos das espécies lenhosas estudadas; e certos padrões anatômicos podem ser compartilhados por diferentes espécies que habitam uma mesma fitofisionomia na Mata Atlântica.

3.1 Materiais e métodos

Áreas de estudo

No estado do Rio de Janeiro, realizamos o estudo em três fitofisionomias do bioma Mata Atlântica. A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (FOB), situada na Reserva Biológica União (ReBio União) no município de Rio das Ostras, se estende pelos municípios de Casimiro de Abreu e Macaé (22° 25'40" S e 42° 02'06" W). Esta reserva possui clima tropical úmido, de acordo com a classificação de Kooppen (1948), chuvoso, com precipitação média anual entre 1600 a 2000 mm (ALVARES et al., 2014), com temperatura média de 20 °C e a umidade do ar variando entre 85% a 97%, com solos argilosos (EVARISTO et al., 2011; LAGE-PINTO, 2012; RIBEIRO, 2012). A Floresta Estacional Semidecidual (FES) é situada na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG), no município de São Francisco de Itabapoana (21°41'57" S e 41°07'76" W). O clima é tropical, de acordo com a classificação de Kooppen (1948), chuvoso (dezembro a fevereiro) e seco (junho a agosto), com precipitação média anual entre 1000 a 1200 mm (VILLELA et al., 2006; ALVARES et al., 2014), com a temperatura média de 23 °C e a umidade do ar variando entre 80% a 82 %, com solos argilo-arenosos (SILVA & NASCIMENTO, 2001; EMBRAPA, 2011; IBGE, 2012; INEA, 2013). A Mata de Restinga (RES) é situada na Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Caruara (RPPN Caruara) em São João da Barra (21° 79'71" S e 41° 04'25" W). O clima é tropical subúmido a semiárido, de acordo com a classificação de Kooppen (1948), chuvoso (novembro a janeiro) e seco (maio a agosto), com precipitação média anual entre 800 e 1000 mm (CRUZ et al., 2021), com temperatura média de 25 °C e a umidade do ar variando entre 80% a 84 %, com solos arenosos (PLANO DE MANEJO RPPN CARUARA, 2018; PIREDA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023).

Seleção das espécies

Selecionamos cinco espécies lenhosas mais abundantes com maior número de indivíduos em cada fitofisionomia (n=15), fundamentado pelos inventários florísticos e fitossociológicos (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; RODRIGUES, 2004; ABREU, 2014). Cada espécie amostramos cinco indivíduos, pertencentes a 12 famílias botânicas, totalizando 75 indivíduos (Tab. 1).

Anatomia da madeira

Para a coleta, usamos o método não-destrutivo com a sonda de Pressler (Increment Borer, SUUNTO, EUA) a uma altura de 1,30 m do solo (BARROS et al., 2001), gerando amostras de madeira entre 5-10 cm de comprimento, em caules principais sem bifurcações e defeitos aparentes. Inicialmente submetemos, aproximadamente 1,5 cm de corpo de prova, referentes ao cerne, em tubos Eppendorf® para o processo de amolecimento, por meio de uma solução de água destilada e glicerina (1:1 v/v). Após isso, orientamos e seccionamos o material amolecido por meio de um micrótomo de deslize (SM2010R, LEICA, Alemanha) nas três seções histológicas (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial), com uma espessura média de 16 µm (MUNIZ & CORADIN, 1992). Em seguida, clarificamos os cortes em hipoclorito de sódio a 50%, em seguida, em água acidulada 0,1%, coramos com Safrablau e desidratamos em série etílica ascendente de 50% a 100% (JOHANSEN, 1940), com imersão em acetato de etila, para confecção de lâminas permanentes com resina sintética Entellan® (Merck).

O processo de dissociação e maceração da madeira realizamos o método de Franklin (1945), modificado por Kraus & Arduin (1997) para a medição de células (e.g. comprimento dos elementos de vasos e fibras). Para cada amostra retiramos pequenos fragmentos da madeira (1 cm) e colocamos em frascos com solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (1:1). Posteriormente os frascos foram para a estufa com temperatura de 60 °C por 48 horas ou até a completa dissociação das células. Em seguida, lavamos o material em água corrente e coramos com safranina aquosa 1% e em sequência foram imersos em glicerina 50% para a confecção de lâminas semipermanentes (SASS, 1951). Todas as amostras de madeira

depositamos no acervo da Xiloteca Dr^a Cecília Gonçalves Costa da UENF (HUENFw) (Tab. 1).

Tabela 1 - Listagem das espécies, famílias, nomes populares, dados dendrométricos e registros.

Fitofisionomia	Espécie	Família	Nome popular	Nº HUENFw	DAP (cm)	Altura (m)	Forma de vida	Endemismo	Status de Conservação
FOB	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	Carrapeta-verdadeira	640, 641, 642, 643, 644	23	12	Árvore	Não	LC (IUNC)
	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Jenipapo	660, 661, 662, 663, 664	17	13	Árvore	Não	LC (IUNC)
	<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	Melastomataceae	Carrasco	665, 666, 667, 668, 669	18	10	Árvore	Não	LC (IUNC)
	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	Asteraceae	Vassourão-preto	655, 656, 657, 658, 659	15	11	Árvore	Não	LC (IUNC)
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Guaritá	650, 651, 652, 653, 654	16	12	Árvore	Não	DD
FES	<i>Metrodorea nigra</i> A.St.-Hil	Rutaceae	Carrapateira	670, 671, 672, 673, 674	17	11	Árvore	Sim	LC (IUNC)
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Guaritá	675, 676, 677, 678, 679	21	9	Árvore	Não	DD
	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	Camboatá	680, 681, 682, 683, 684	19	9	Árvore	Sim	LC (IUNC)
	<i>Metternichia principis</i> J.C. Mikan	Solanaceae	Café-do-mato	685, 686, 687, 688, 689	20	10	Árvore	Sim	LC (IUNC)
	<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlman	Bignoniaceae	Peroba	690, 691, 692, 693, 694	22	12	Árvore	Sim	EN (CNCFlora)
RES	<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae	Pitanga-do-campo	615, 616, 617, 618, 619	12	5	Árvore	Sim	LC (IUNC)
	<i>Zollernia glabra</i> (Spreng.) Yakovlev	Fabaceae	Pitombinha	625, 626, 627, 628, 629	13	7	Árvore	Não	LC (IUNC)
	<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	Polygonaceae	Pau-de-estalo	630, 631, 632, 633, 634	12	7	Árvore	Sim	LC (IUNC)
	<i>Eugenia astringens</i> Cambess	Myrtaceae	Guamirim	620, 621, 622, 623, 624	11	5	Árvore	Sim	LC (IUNC)
	<i>Cupania emarginata</i> Cambess	Sapindaceae	Camboatá	635, 636, 637, 638, 639	11	6	Árvore	Sim	LC (IUNC)

Legenda: Nome das fitofisionomias: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (FOB), Floresta Estacional Semidecidual (FES) e Restinga (RES). União Internacional para a Conservação da Natureza (IUNC) e o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora). Fonte: (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> e <https://www.iucnredlist.org/>).

Análises microscópicas

As análises anatômicas microscópicas foram realizadas utilizando 15 lâminas por indivíduo de todas as espécies avaliadas nas fitofisionomias. Em seguida, imagens foram capturadas nas lâminas histológicas nos três planos (transversal, longitudinal tangencial e radial) em microscópio óptico de campo claro (Axioplan, ZEISS, EUA), com câmera (Moticam Pro 282B, Hong Kong) acoplada ao microscópio e as imagens foram analisadas através do software Image-Pro Plus versão 4.0 para Windows (Media Cybernetics, EUA). Todas as mensurações dos caracteres qualitativos e quantitativos seguiram às normas do IAWA Committee (1989). Posteriormente, utilizamos a luz de polarização do mesmo microscópio para a observação da presença de cristais nas células.

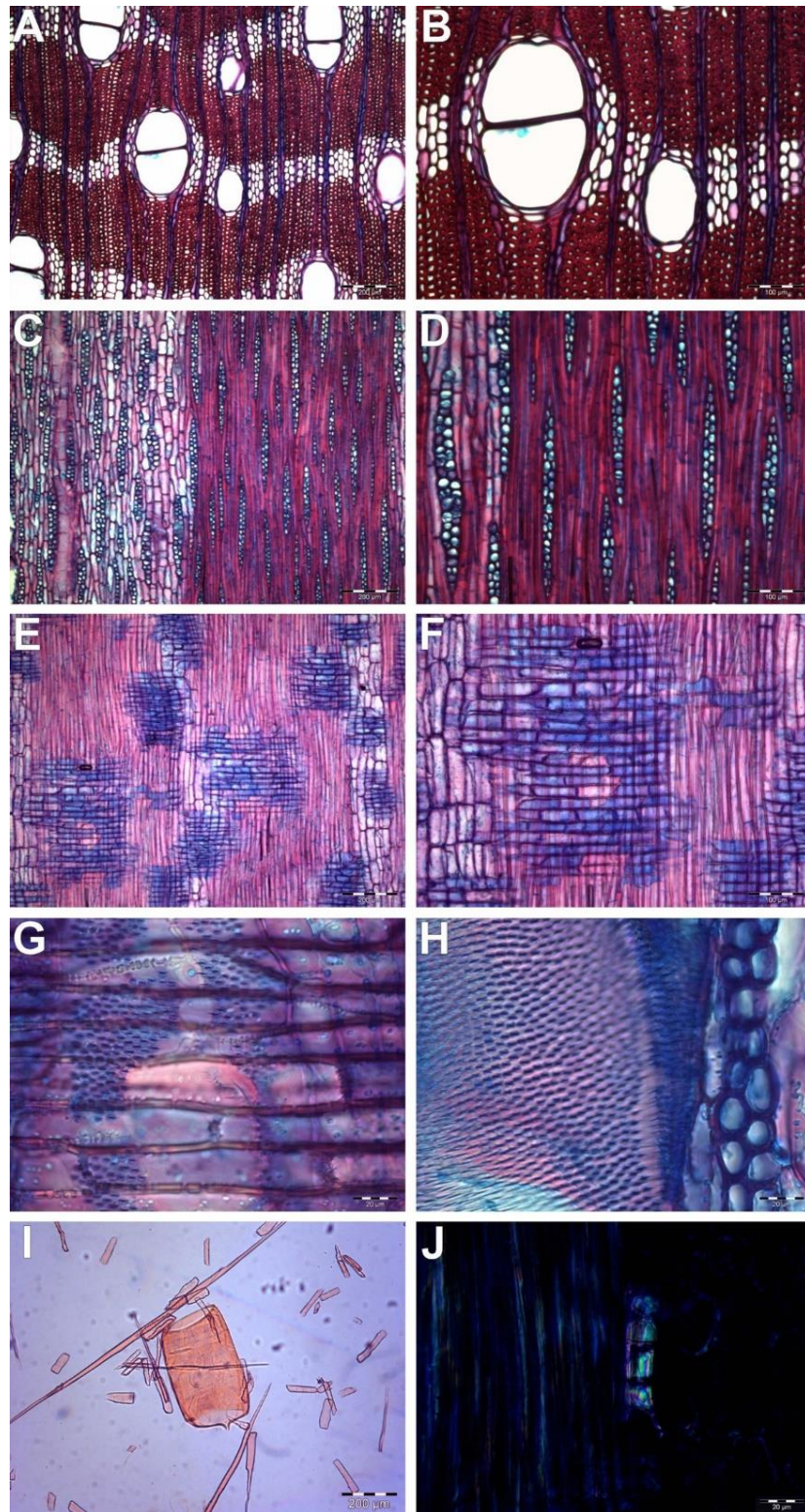
3.2 Resultados

Descrição anatômica da madeira

Guarea guidonia (L.) Sleumer (Meliaceae) (Fig. 6, Tab. 2)

Camadas de crescimento: indistintas ou ausentes. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 5/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-4 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 402 µm; diâmetro tangencial médio de 133 µm e radial médio de 155 µm, paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas, alternas e poligonais, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** libriiformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; septadas, comprimento médio de 924 µm; diâmetro médio de 21 µm, lúmen de 14 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal aliforme losangular, paratraqueal vasicêntrico. **Raios:** média de 10/mm'; multisseriados (2-3 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; com altura média de 341 µm. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 6 - Anatomia da madeira de *Guarea guidonia*. Ocorrente na FOB.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados e unisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações intervasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. I: Macerado,

demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal tangencial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200 µm. B, D e F: 100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 2 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Guarea guidonia*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	3,00	5,22	10,00	1,59
Comprimento (µm)	250,97	401,76	607,62	77,67
Diâmetro tangencial (µm)	84,18	132,70	201,38	21,09
Diâmetro radial (µm)	100,69	154,76	267,76	27,73
Área aproximada (µm ²)	7426,64	14481,23	31852,25	4074,09
Espessura da parede (µm)	2,74	4,38	6,82	0,77
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,71	2,76	4,50	0,48
Raio-vasculares (µm)	1,02	2,26	3,36	0,43
Parênquima-vasculares (µm)	1,39	2,21	2,99	0,38
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	16,37	21,36	29,34	2,87
Lúmen (µm)	8,64	13,57	21,75	2,62
Comprimento (µm)	625,37	923,73	1412,02	177,26
Espessura da parede (µm)	2,44	3,90	5,89	0,68
Pontoações (µm)	1,86	2,98	4,42	0,53
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	310,90	504,37	809,63	86,71
Comprimento (nº de células)	4,00	5,42	7,00	0,88
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	7,00	9,77	12,00	1,11
Altura (µm)	199,31	340,65	621,36	109,75
Largura (µm)	15,99	26,51	40,23	4,37

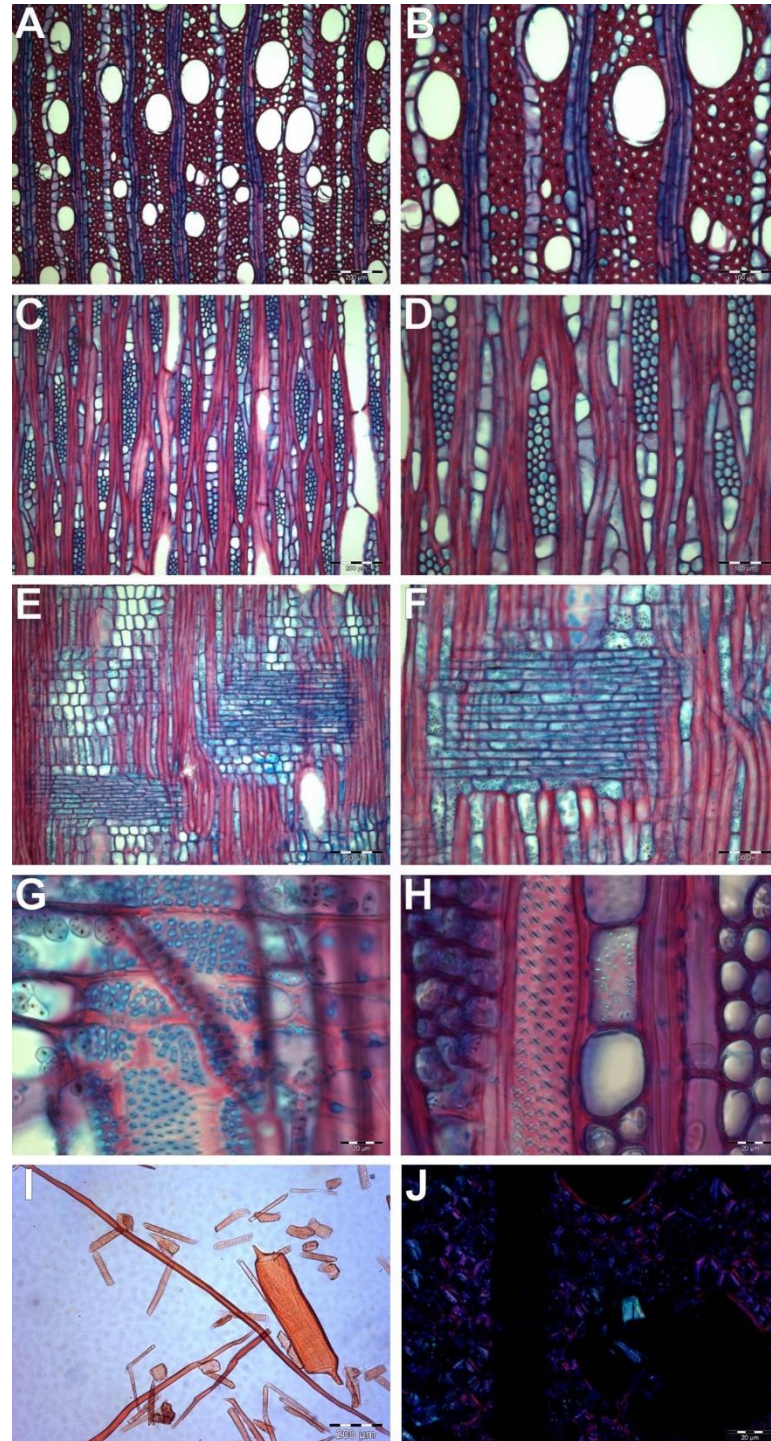
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Genipa americana* L. (Rubiaceae) (Fig. 7, Tab. 3)**

Camadas de crescimento: indistintas ou ausentes. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 20/mm², solitários; seção circular a oval; comprimento médio 487 µm; diâmetro tangencial médio de 89 µm e radial médio de 122 µm, paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares simples alternas e poligonais, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** fibrotraqueídes (>3 µm) com pontoações areoladas; não septadas, comprimento médio de 1066 µm; diâmetro médio de 24 µm, lúmen de 7 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** apotraqueal difuso e agregados; paratraqueal escasso. **Raios:** média de 7/mm'; multisseriados (2-6 células de largura), integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens;

com altura média de 471 μm , presença de raios fusionados. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos vasos.

Figura 7 - Anatomia da madeira de *Genipa americana*. Ocorrente na FOB.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. I: Macerado,

demonstrando vasos e fibras. J: Seção transversal, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200 μm . B, D e F: 100 μm . G, H e J: 20 μm .

Tabela 3 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Genipa americana*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm^2	15,00	20,01	28,00	2,84
Comprimento (μm)	307,83	486,57	687,29	86,12
Diâmetro tangencial (μm)	48,28	88,79	157,79	17,38
Diâmetro radial (μm)	73,10	121,88	174,40	20,06
Área aproximada (μm^2)	2101,24	5767,69	15300,79	1981,32
Espessura da parede (μm)	2,87	3,94	5,11	0,52
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (μm)	1,98	2,73	3,61	0,33
Raio-vasculares (μm)	1,54	2,65	3,39	0,32
Parênquima-vasculares (μm)	2,00	3,45	4,84	0,50
FIBRAS				
Diâmetro (μm)	18,59	23,76	31,59	2,84
Lúmen (μm)	4,04	7,47	12,38	1,49
Comprimento (μm)	695,23	1066,27	1588,67	180,83
Espessura da parede (μm)	5,40	8,15	11,75	1,24
Pontoações (μm)	1,73	3,07	4,96	0,69
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (μm)	252,94	446,32	685,93	79,74
Comprimento (n° de células)	3,00	4,61	6,00	0,93
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	4,00	6,56	9,00	1,49
Altura (μm)	311,23	471,48	701,67	88,92
Largura (μm)	24,21	46,69	66,16	7,25

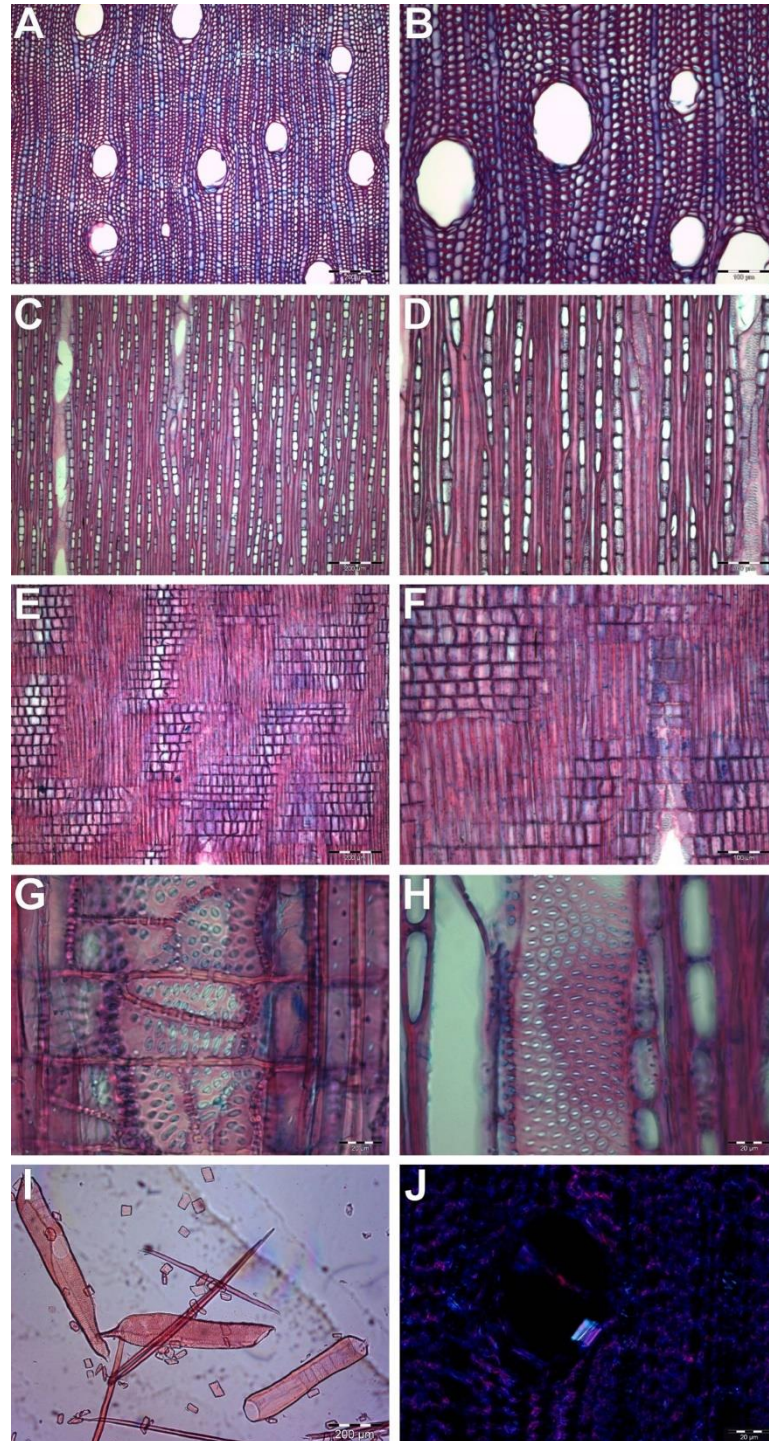
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Miconia hypoleuca* (Benth.) Triana (Melastomataceae) (Fig. 8, Tab. 4)**

Camadas de crescimento: indistintas ou ausentes. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; $6/\text{mm}^2$, solitários e em arranjos radiais de 2 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 367 μm ; diâmetro tangencial médio de 117 μm e radial médio de 145 μm , paredes de espessura média de 4 μm ; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares simples e alternas e poligonais, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** libriformes ($<3 \mu\text{m}$) com pontoações simples ou muito pequenas; septadas, comprimento médio de 522 μm ; diâmetro médio de 21 μm , lúmen de 13 μm ; paredes muito finas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso. **Raios:** média de $15/\text{mm}'$; predominantemente unisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; com altura

média de 416 μm . **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos vasos.

Figura 8 - Anatomia da madeira de *Miconia hypoleuca*. Ocorrente na FOB.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios unisseriados e bisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações intervasculares. I: Macerado,

demonstrando vasos e fibras. J: Seção transversal, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F:100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 4 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Miconia hypoleuca*.

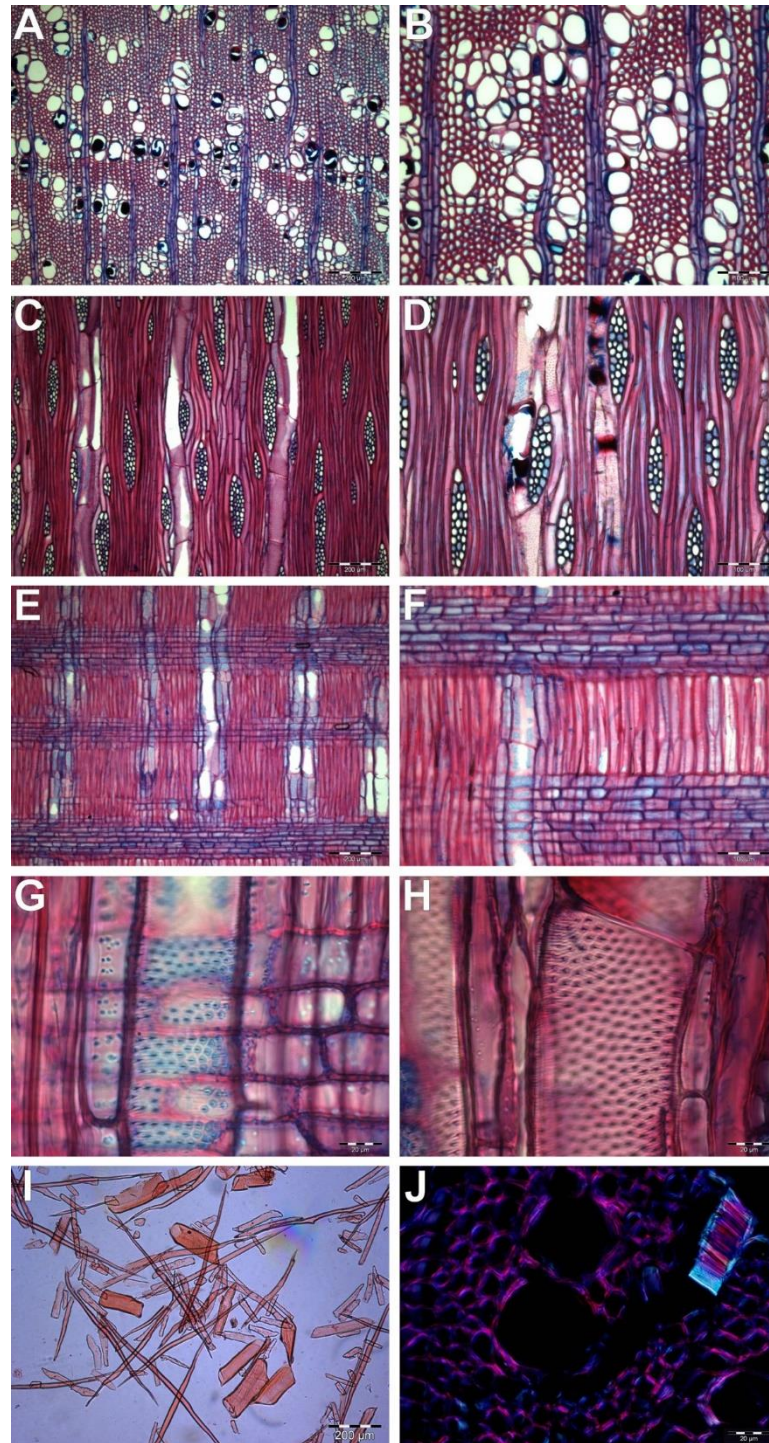
Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	3,00	6,40	11,00	1,79
Comprimento (µm)	156,27	366,62	596,79	96,06
Diâmetro tangencial (µm)	71,72	116,68	151,72	16,07
Diâmetro radial (µm)	96,97	145,26	202,76	19,87
Área aproximada (µm ²)	3442,68	10033,91	16430,35	2843,85
Espessura da parede (µm)	2,77	3,83	4,98	0,53
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	2,42	3,58	4,99	0,54
Raio-vasculares (µm)	1,84	3,65	5,41	0,68
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	13,63	20,59	27,16	2,56
Lúmen (µm)	7,54	13,47	18,32	1,98
Comprimento (µm)	370,43	521,99	666,40	73,74
Espessura da parede (µm)	1,44	3,56	5,99	0,78
Pontoações (µm)	1,96	2,95	4,51	0,60
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	11,00	15,30	20,00	1,92
Altura (µm)	227,03	416,28	652,38	102,73
Largura (µm)	10,81	19,27	31,10	3,66

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Vernonanthura discolor* (Spreng.) H.Rob. (Asteraceae) (Fig. 9, Tab. 5)**

Camadas de crescimento: indistintas ou ausentes. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 44/mm², solitários e em arranjos radiais/cachos; seção circular a oval; comprimento médio 203 µm; diâmetro tangencial médio de 54 µm e radial médio de 64 µm, paredes de espessura média de 3 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervaskulares alternas, circulares e poligonais, semelhantes com as pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** libriformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; septadas, comprimento médio de 608 µm; diâmetro médio de 22 µm, lúmen de 14 µm; paredes muito finas. **Parênquima axial:** paratraqueal vasicêntrico, aliforme. **Raios:** média de 5/mm'; multisseriados (2-3 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central e quadradas nas margens, com altura média de 200 µm. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nos vasos.

Figura 9 - Anatomia da madeira de *Vernonanthura discolor*. Ocorrente na FOB.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. I: Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção transversal, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F: 100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 5 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Vernonanthura discolor*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	23,00	44,45	59,00	9,53
Comprimento (µm)	128,20	202,65	284,77	28,86
Diâmetro tangencial (µm)	41,24	53,81	73,10	6,82
Diâmetro radial (µm)	45,45	63,69	85,91	8,72
Área aproximada (µm ²)	1530,08	2528,72	4226,35	590,85
Espessura da parede (µm)	2,18	3,34	4,43	0,44
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	2,05	3,09	4,00	0,41
Raio-vasculares (µm)	1,92	2,74	3,81	0,35
Parênquima-vasculares (µm)	2,16	3,02	4,35	0,46
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	16,56	22,24	28,21	2,41
Lúmen (µm)	9,96	14,13	18,75	2,26
Comprimento (µm)	331,26	608,00	997,91	125,06
Espessura da parede (µm)	2,16	4,05	6,42	0,67
Pontoações (µm)	1,86	2,90	4,18	0,55
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	241,96	434,88	591,47	68,40
Comprimento (nº de células)	3,00	4,69	7,00	0,90
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	3,00	4,90	7,00	1,02
Altura (µm)	132,90	200,59	326,83	34,22
Largura (µm)	24,95	36,94	48,46	4,81

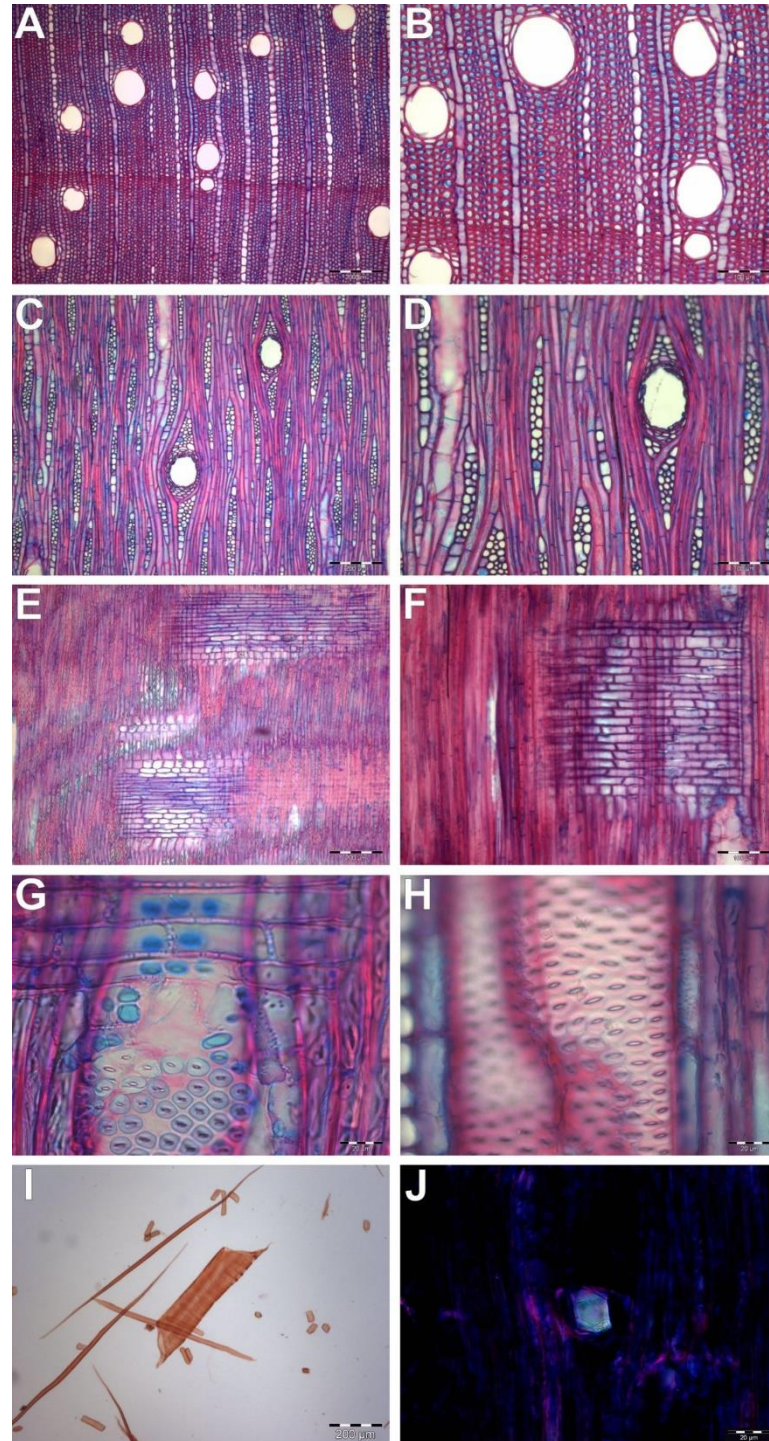
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) (Fig. 10, Tab. 6)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo achatamento radial e espessamento da parede de fibras. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 8/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-4 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 30 µm; diâmetro tangencial médio de 79 µm e radial médio de 106 µm, paredes de espessura média de 3 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares aréolas distintas e arredondadas, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em uma ou ambas as extremidades. **Fibras:** libriformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; septadas, comprimento médio de 697 µm; diâmetro médio de 19 µm, lúmen de 12 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal vasicêntrico e escasso. **Raios:** média de 6/mm'; multisseriados (2-5 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; com altura média de 245 µm; presença de raios fusionados; presença de canais. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios; presença de canais nos

raios (plano tangencial). Obs. Esta espécie foi encontrada em duas fitofisionomias, na FOB e na FES. As características qualitativas não mostraram diferenças entre os indivíduos.

Figura 10 - Anatomia da madeira de *Astronium graveolens*. Ocorrente na FOB.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados/unisseriados e canais. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações intervasculares. I:

Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F:100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 6 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Astronium graveolens*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	4,00	7,75	14,00	2,03
Comprimento (µm)	15,28	30,02	40,16	4,95
Diâmetro tangencial (µm)	53,98	79,15	117,31	14,38
Diâmetro radial (µm)	64,40	105,83	167,10	18,93
Área aproximada (µm ²)	2172,61	5637,08	11571,22	1859,48
Espessura da parede (µm)	2,12	3,44	4,53	0,45
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,60	2,99	4,62	0,51
Raio-vasculares (µm)	1,77	2,87	4,45	0,49
Parênquima-vasculares (µm)	2,46	4,43	6,57	0,85
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	12,46	19,05	26,22	2,54
Lúmen (µm)	5,35	11,53	19,70	2,73
Comprimento (µm)	396,70	697,20	982,11	192,73
Espessura da parede (µm)	1,53	3,76	5,84	0,83
Pontoações (µm)	1,72	2,91	5,61	0,64
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	266,67	404,39	624,21	59,63
Comprimento (nº de células)	3,00	4,39	6,00	0,88
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	4,00	6,42	9,00	1,23
Altura (µm)	156,40	244,60	343,59	42,29
Largura (µm)	25,95	37,61	52,60	5,16

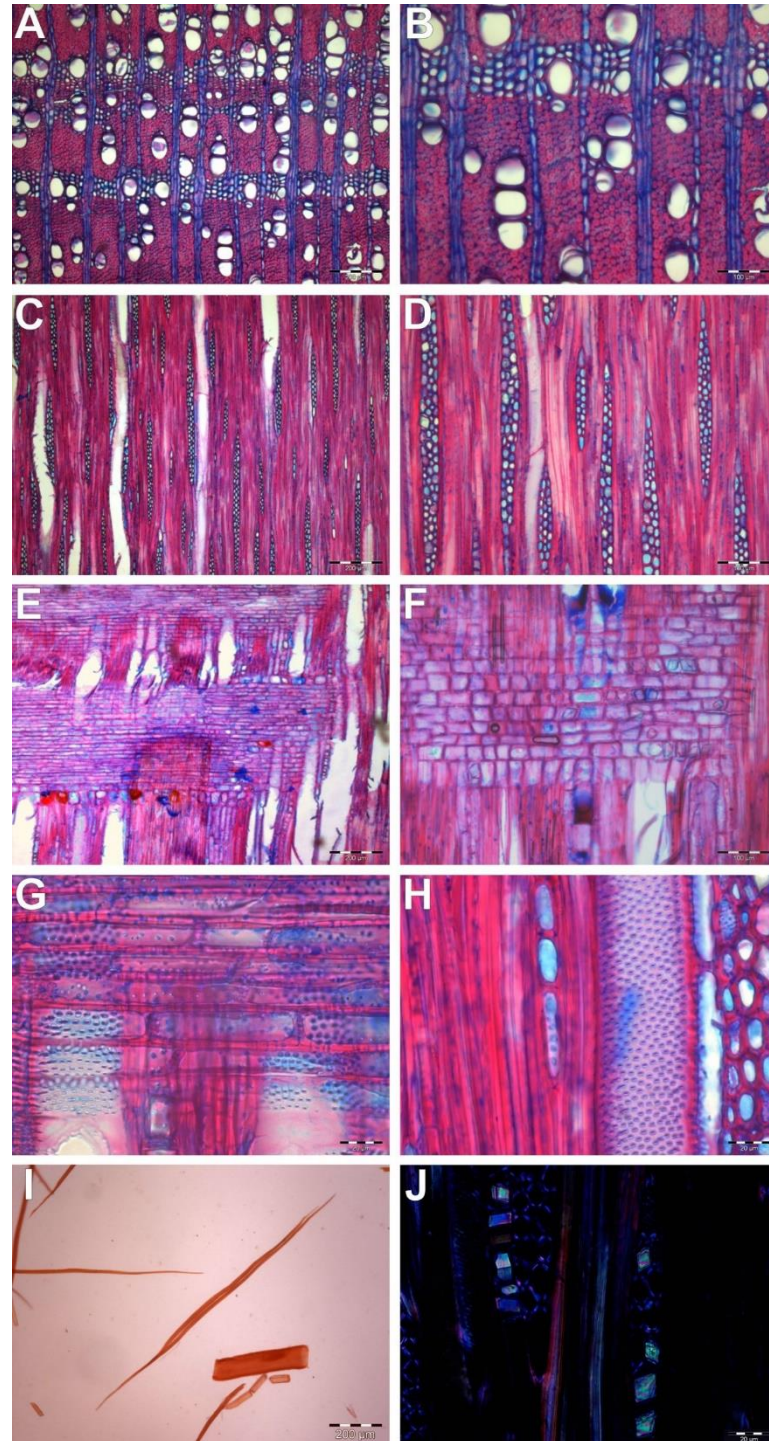
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Metrodorea nigra* A.St.-Hil (Rutaceae) (Fig. 11, Tab. 7)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo parênquima marginal. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 69/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-6 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 375 µm; diâmetro tangencial médio de 57 µm e radial médio de 65 µm, paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas, com formato circular a poligonal, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em uma ou ambas as extremidades. **Fibras:** libriformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; não septadas, comprimento médio de 1073 µm; diâmetro médio de 16 µm, lúmen de 5 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso; apotraqueal difuso e agregados; com séries de 2-6 células de altura. **Raios:** média de 5/mm'; multisseriados (2-4 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na

região central e quadradas nas margens; com altura média de 426 μm ; presença de raios fusionados. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 11 - Anatomia da madeira de *Metrodorea nigra*. Ocorrente na FES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados e unisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. H: Macerado,

demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal tangencial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F:100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 7 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Metrodorea nigra*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	59,00	68,53	75,00	3,29
Comprimento (µm)	249,08	375,47	525,09	52,64
Diâmetro tangencial (µm)	44,29	57,36	71,99	5,88
Diâmetro radial (µm)	44,29	65,32	89,68	8,03
Área aproximada (µm ²)	1445,90	2780,04	4551,34	620,99
Espessura da parede (µm)	2,12	3,78	5,21	0,45
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,34	2,32	3,30	0,31
Raio-vasculares (µm)	1,18	1,88	2,80	0,32
Parênquima-vasculares (µm)	1,22	2,16	3,18	0,36
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	12,16	16,37	25,91	2,66
Lúmen (µm)	2,88	5,29	9,09	1,23
Comprimento (µm)	746,09	1073,43	1436,73	132,66
Espessura da parede (µm)	3,15	5,54	8,68	1,12
Pontoações (µm)	1,10	2,03	3,75	0,53
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	238,69	421,90	666,74	79,69
Comprimento (nº de células)	3,00	4,48	6,00	0,81
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	2,00	5,06	8,00	1,20
Altura (µm)	231,56	425,86	642,17	107,69
Largura (µm)	20,58	35,26	61,46	8,31

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

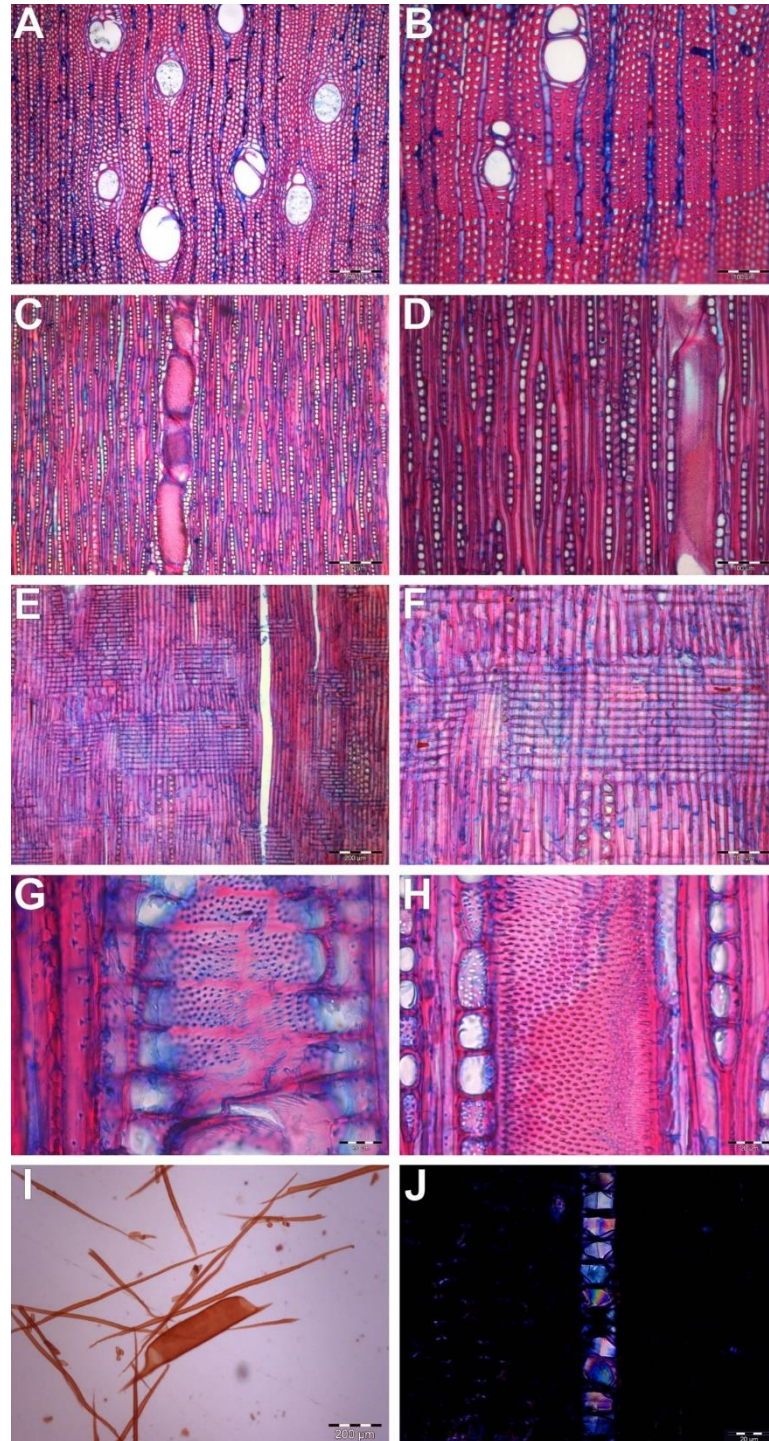
***Cupania oblongifolia* Mart. (Sapindaceae) (Fig. 12, Tab. 8)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo espessamento da parede das fibras.

Elementos de vaso: porosidade difusa; média de 10/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-8 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 477 µm; diâmetro tangencial médio de 101 µm e radial médio de 117 µm, paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares diminutas, alternas, com formato circular a poligonal, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de tilose. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** libriformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; septadas, comprimento médio de 883 µm; diâmetro médio de 21 µm, lúmen de 13 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso, com séries de 2-7 células de altura. **Raios:** média de 15/mm'; unisseriados e bisseriados integrados por células procumbentes na região central e quadradas nas margens;

com altura média de 269 μm . **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 12 - Anatomia da madeira de *Cupania oblongifolia*. Ocorrente na FES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios unisseriados/bisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações intervasculares. I: Macerado, demonstrando

vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F:100 µm. G, H e J: 20 µm

Tabela 8 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Cupania oblongifolia*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	5,00	10,24	17,00	2,71
Comprimento (µm)	267,81	477,06	640,54	71,35
Diâmetro tangencial (µm)	70,93	100,53	140,78	13,21
Diâmetro radial (µm)	79,09	116,94	182,05	18,39
Área aproximada (µm ²)	4068,37	8553,89	17065,28	2319,95
Espessura da parede (µm)	3,01	4,44	6,53	0,71
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,12	2,10	3,16	0,34
Raio-vasculares (µm)	1,22	1,98	2,78	0,31
Parênquima-vasculares (µm)	1,02	1,93	3,00	0,41
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	14,55	20,97	31,86	3,62
Lúmen (µm)	7,37	12,67	22,51	3,03
Comprimento (µm)	690,38	883,92	1139,03	90,84
Espessura da parede (µm)	1,85	4,15	6,15	0,85
Pontoações (µm)	1,04	2,09	3,73	0,40
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	300,24	436,01	686,57	77,81
Comprimento (nº de células)	3,00	5,03	7,00	0,91
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	11,00	14,87	18,00	1,29
Altura (µm)	178,55	269,92	408,34	49,68
Largura (µm)	12,53	18,51	32,90	3,26

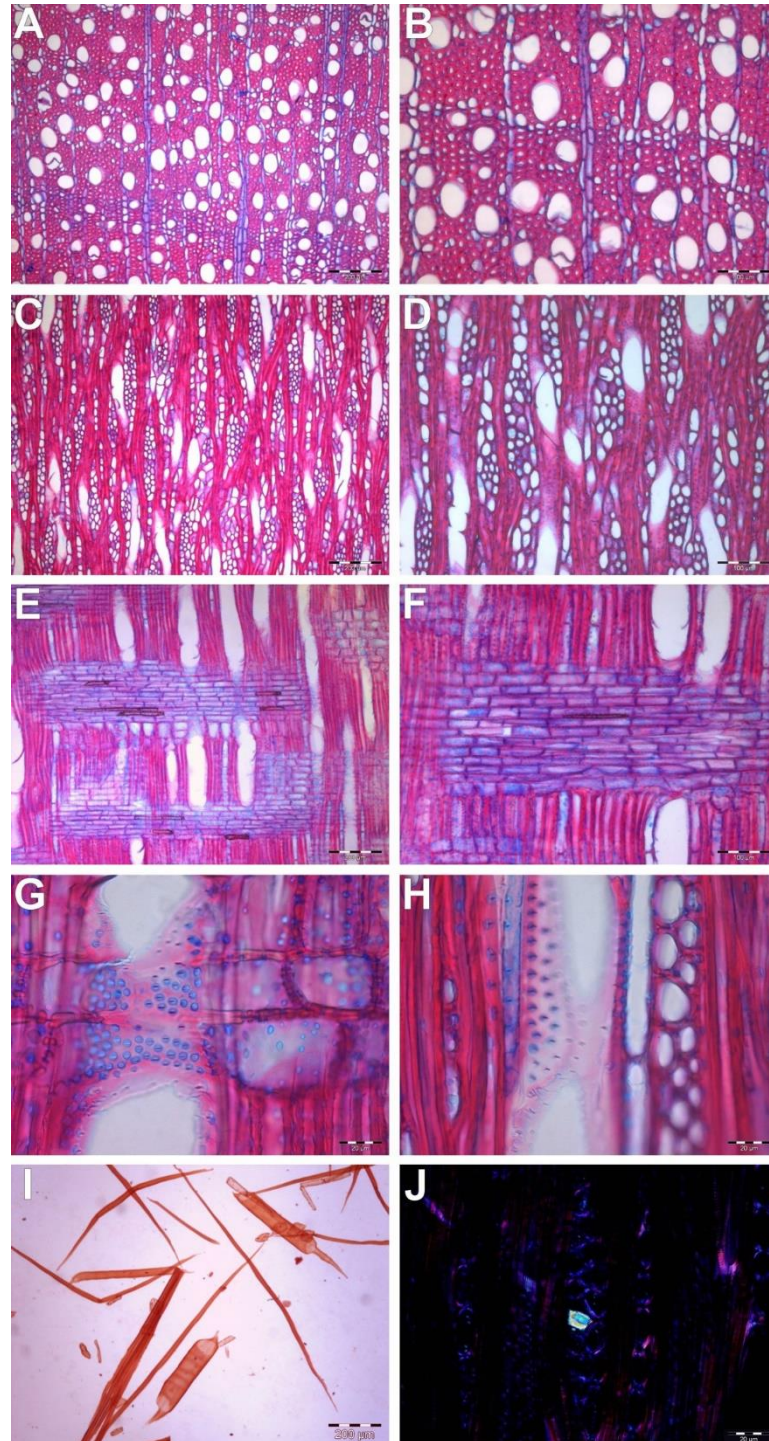
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Metternichia principis* J.C. Mikan (Solanaceae) (Fig. 13, Tab. 9)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo achatamento radial e espessamento da parede das fibras. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 79/mm², solitários; seção circular a oval; comprimento médio 361 µm; diâmetro tangencial médio de 52 µm e radial médio de 64 µm, paredes de espessura média de 3 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares areoladas, circulares e alternas, semelhantes com as pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** fibrotraqueídes (>3 µm) com pontoações areoladas e distintas; não septadas, comprimento médio de 990 µm; diâmetro médio de 20 µm, lúmen de 9 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso; apotraqueal difuso e agregados. **Raios:** média de 9/mm'; multisseriados (2-5 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; com altura média de 291

μm ; presença de raios fusionados. **Outras características:** presença de cristais prismáticos no parênquima axial.

Figura 13 - Anatomia da madeira de *Metternichia principis*. Ocorrente na FES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados e unisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. I: Macerado,

demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal tangencial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F: 100 µm. G, H e J: 20 µm

Tabela 9 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Metternichia principis*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	62,00	78,86	92,00	8,04
Comprimento (µm)	166,09	361,22	494,97	49,00
Diâmetro tangencial (µm)	40,23	52,03	71,29	5,58
Diâmetro radial (µm)	47,38	63,76	86,51	7,91
Área aproximada (µm ²)	1056,59	2195,21	3466,54	455,24
Espessura da parede (µm)	2,57	3,50	4,62	0,37
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,37	2,22	3,22	0,34
Raio-vasculares (µm)	1,48	2,02	2,69	0,22
Parênquima-vasculares (µm)	1,01	1,95	2,90	0,35
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	13,75	20,16	28,89	2,69
Lúmen (µm)	5,15	9,01	13,66	1,69
Comprimento (µm)	717,55	990,02	1313,84	125,96
Espessura da parede (µm)	3,62	5,57	8,32	0,96
Pontoações (µm)	1,18	3,33	4,81	0,62
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	301,03	424,59	565,08	49,83
Comprimento (nº de células)	3,00	4,11	6,00	0,84
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	6,00	9,46	13,00	1,48
Altura (µm)	201,00	290,67	423,67	47,54
Largura (µm)	20,09	32,71	44,64	5,00

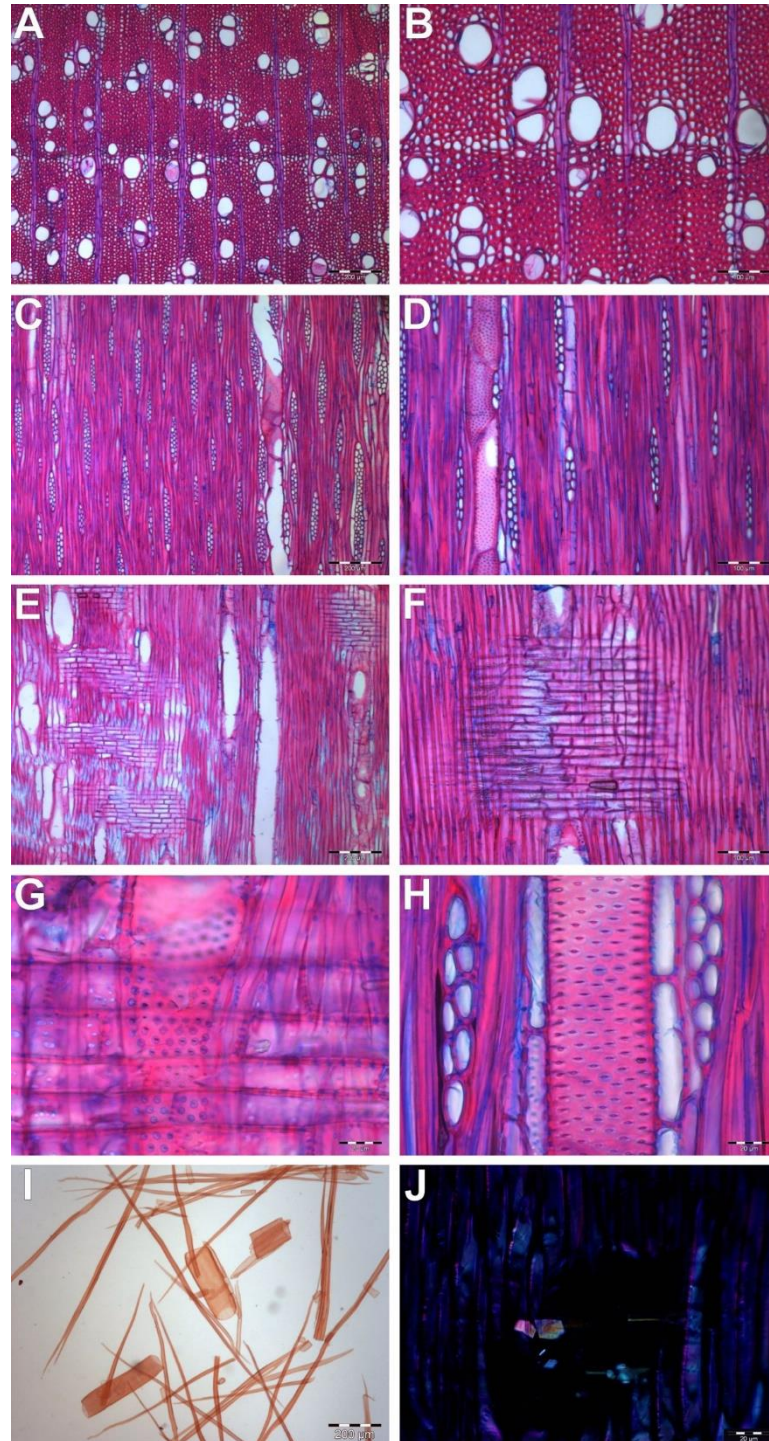
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Paratecoma peroba* (Record) Kuhl (Bignoniaceae) (Fig. 14, Tab. 10)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcados pelo parênquima marginal, achatamento e espessamento da parede das fibras. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 34/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-6 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 242 µm; diâmetro tangencial médio de 61 µm e radial médio de 75 µm, paredes de espessura média de 4µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares areoladas, circulares e alternas, semelhantes com às pontoações raio-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** libriformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; não septadas, comprimento médio de 907 µm; diâmetro médio de 18 µm, lúmen de 9µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal confluyente e vasicêntrico; com 3-6 células de altura. **Raios:** média de 6/mm'; multisseriados (2-4 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou

quadradas nas margens; com altura média de 207 μm . **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 14 - Anatomia da madeira de *Paratecoma peroba*. Ocorrente na FES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados e unisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontuações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontuações parênquima-vasculares. I: Macerado,

demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F:100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 10 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Paratecoma peroba*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	25,00	33,91	46,00	5,12
Comprimento (µm)	86,32	241,64	323,47	35,72
Diâmetro tangencial (µm)	51,21	61,43	74,74	5,53
Diâmetro radial (µm)	56,76	75,47	98,28	8,76
Área aproximada (µm ²)	2004,47	3288,48	5061,39	624,68
Espessura da parede (µm)	2,82	3,80	4,90	0,47
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,28	2,32	3,95	0,43
Raio-vasculares (µm)	1,47	2,28	2,87	0,27
Parênquima-vasculares (µm)	1,65	2,19	2,83	0,21
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	11,94	17,78	24,32	2,41
Lúmen (µm)	5,62	9,47	15,89	2,24
Comprimento (µm)	706,04	906,57	1155,51	95,01
Espessura da parede (µm)	1,86	4,15	7,14	0,90
Pontoações (µm)	2,09	2,93	4,88	0,58
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	243,77	406,49	679,06	79,90
Comprimento (nº de células)	3,00	4,61	6,00	0,93
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	4,00	5,87	9,00	1,10
Altura (µm)	138,47	206,98	297,58	30,35
Largura (µm)	15,24	27,14	43,00	5,56

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo de caracteres celulares.

***Eugenia punicifolia* (Kunth) DC. (Myrtaceae) (Fig. 15, Tab. 11)**

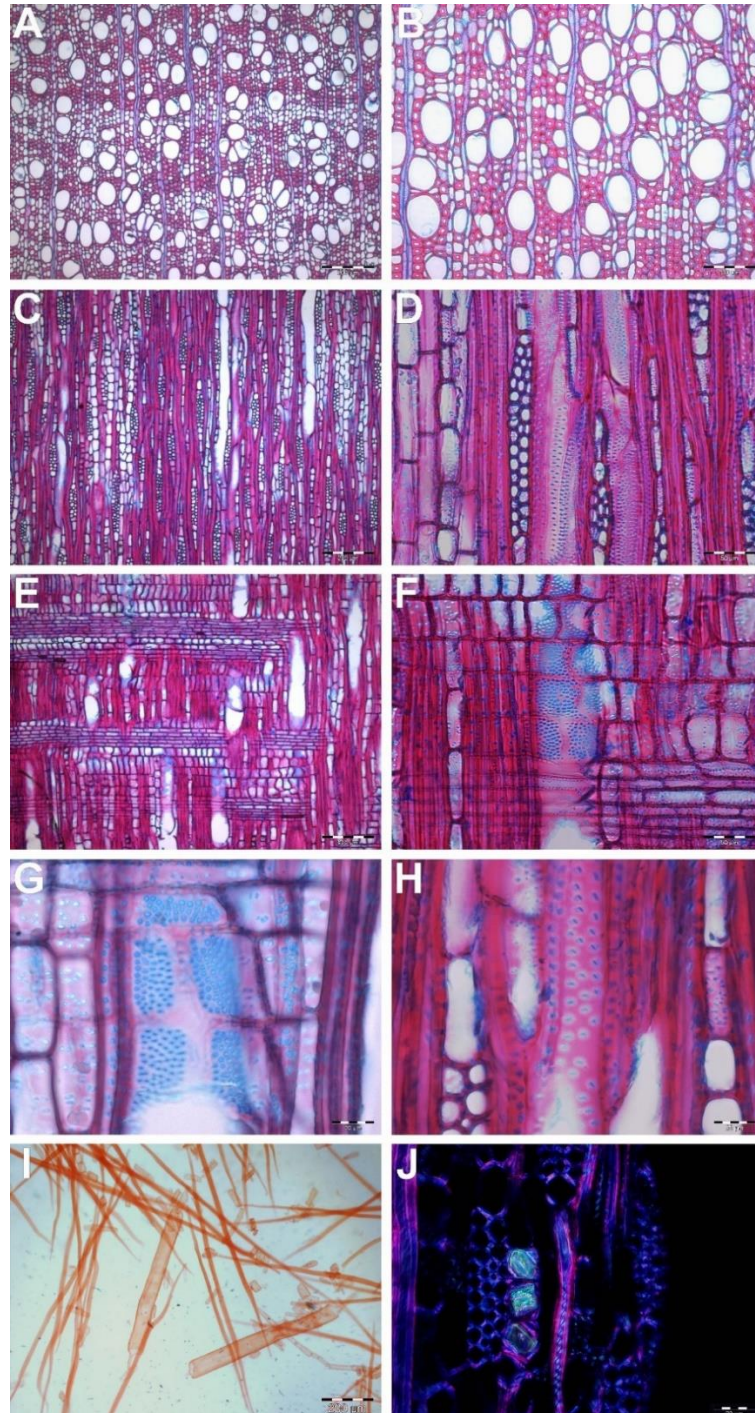
Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo achatamento da parede das fibras.

Elementos de vaso: porosidade difusa, média de 92/mm²; solitários; seção circular a oval; comprimento médio de 544 µm; diâmetro tangencial médio de 56 µm e radial médio de 69 µm; paredes de espessura média de 3 µm; placas de perfuração simples; pontoações raio-vasculares areoladas distintas, semelhantes com às pontoações intervaskulares e parênquima-vasculares quanto ao tamanho e forma. Presença de apêndices em ambas as extremidades.

Traqueídes: presentes. **Fibras:** fibrotraqueídes (>3 µm), com pontoações areoladas distintas; não septadas; comprimento médio de 1061µm, diâmetro médio de 20 µm e lúmen médio de 8 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso; apotraqueal difuso e agregados; seriado com 4-9 células de altura. **Raios:** média de 8/mm'; multisseriados (2-3 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central,

eretas e/ou quadradas nas margens, com altura média de 251 μm ; presença de raios fusionados. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 15 - Anatomia da madeira de *Eugenia punicifolia*. Ocorrente na RES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados e unisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios heterogêneos. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. I: Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200 μm . B: 100 μm . D e F: 50 μm . G, H e J: 20 μm .

Tabela 11 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Eugenia punicifolia*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	71,00	92,45	113,00	9,10
Comprimento (µm)	282,13	544,23	857,40	113,26
Diâmetro tangencial (µm)	34,85	55,66	81,66	9,64
Diâmetro radial (µm)	42,91	68,99	109,34	12,33
Área aproximada (µm ²)	1179,59	2433,28	5783,59	742,91
Espessura da parede (µm)	2,28	3,17	4,05	0,38
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,32	2,19	3,78	0,41
Raio-vasculares (µm)	1,16	2,23	3,53	0,46
Parênquima-vasculares (µm)	2,04	2,89	4,26	0,44
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	14,27	19,53	28,09	2,95
Lúmen (µm)	5,48	8,24	11,64	1,33
Comprimento (µm)	794,24	1061,31	1429,92	142,76
Espessura da parede (µm)	3,29	5,65	8,43	1,11
Pontoações (µm)	1,86	3,19	4,90	0,60
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	412,31	645,88	890,26	97,79
Comprimento (nº de células)	4,00	5,33	7,00	0,90
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	5,00	8,25	12,00	1,45
Altura (µm)	144,00	250,91	415,28	47,50
Largura (µm)	16,61	26,01	38,75	4,49

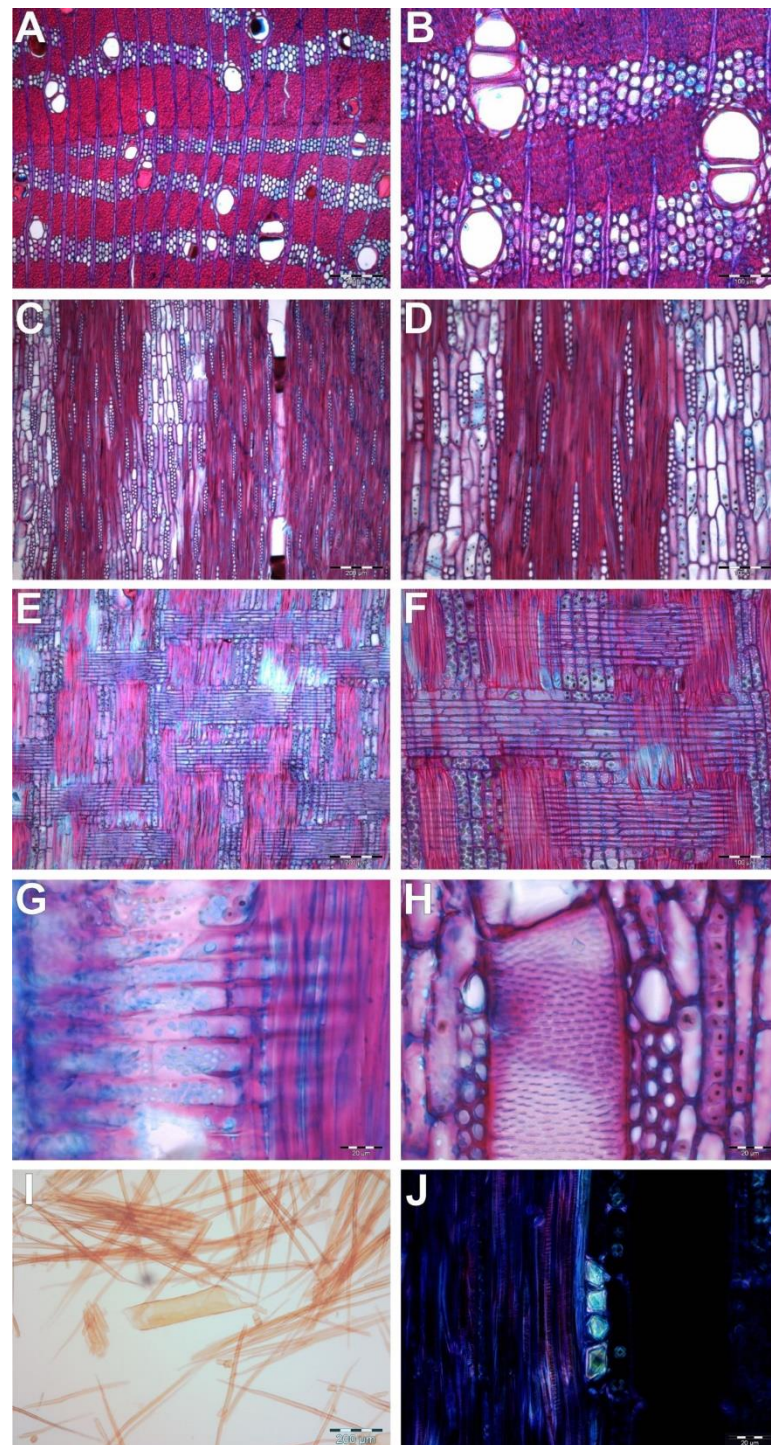
Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo dos tipos celulares.

***Zollernia glabra* (Spreng.) Yakovlev (Fabaceae) (Fig. 16, Tab. 12)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo espessamento da parede de fibras.

Elementos de vaso: porosidade difusa; média de 16/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-4 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 255 µm; diâmetro tangencial médio de 75 µm e radial médio de 93 µm, paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas, com formato circular a oval, semelhantes às pontoações raios-vasculares e parênquima-vasculares. Presença de tilose. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Traqueídes:** presentes. **Fibras:** libriformes (<3 µm) com pontoações simples ou muito pequenas; não septadas; comprimento médio de 763 µm, diâmetro médio de 17 µm, lúmen de 11 µm; paredes muito finas. **Parênquima axial:** paratraqueal em faixas de 4-9 células de largura. **Raios:** média de 10/mm'; multisseriados (2-3 células de largura) e unisseriados raros, integrados por células procumbentes na região central e quadradas nas margens; com altura média de 168 µm. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios; presença de estratificação parcial (parênquima).

Figura 16 - Anatomia da madeira de *Zollernia glabra*. Ocorrente na RES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações parênquima-vasculares. I: Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F: 100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 12 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Zollernia glabra*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	11,00	15,90	21,00	1,85
Comprimento (µm)	140,31	255,15	502,02	64,37
Diâmetro tangencial (µm)	52,61	74,72	103,81	11,48
Diâmetro radial (µm)	63,67	92,67	131,50	14,02
Área aproximada (µm ²)	1790,82	4321,10	9629,29	1311,70
Espessura da parede (µm)	2,57	3,90	5,54	0,61
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,49	2,83	4,90	0,70
Raio-vasculares (µm)	2,05	2,91	3,95	0,42
Parênquima-vasculares (µm)	1,55	2,56	3,83	0,44
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	11,76	17,32	23,28	2,49
Lúmen (µm)	6,26	11,20	16,74	2,31
Comprimento (µm)	505,42	762,95	1016,07	97,20
Espessura da parede (µm)	1,58	3,06	4,52	0,55
Pontoações (µm)	1,44	2,45	3,81	0,50
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	241,96	494,45	805,52	105,71
Comprimento (nº de células)	4,00	5,70	8,00	1,11
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	7,00	10,27	14,00	1,49
Altura (µm)	124,57	168,25	257,47	21,69
Largura (µm)	11,07	18,45	29,10	3,69

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo dos tipos celulares.

***Coccoloba alnifolia* Casar. (Polygonaceae) (Fig. 17, Tab. 13)**

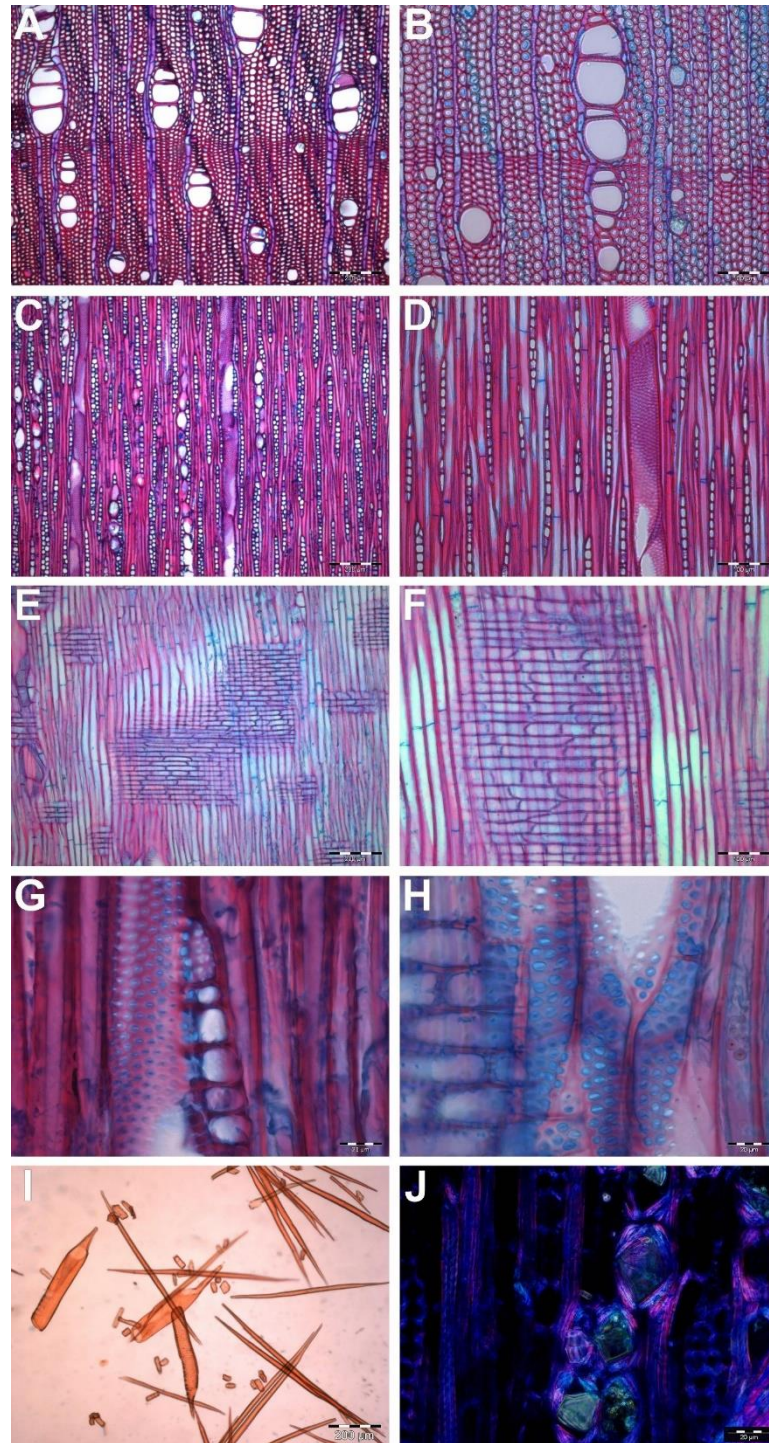
Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo achatamento da parede das fibras.

Elementos de vaso: porosidade difusa, média de 17/mm²; solitários e em arranjos radiais de 2-8 elementos; seção circular a oval; comprimento médio de 414 µm; diâmetro tangencial médio de 78 µm e radial médio de 95 µm, paredes de espessura média de 4µm; placas de perfuração simples; pontoações raio-vasculares alternas, com formato poligonal, semelhantes com às pontoações intervasculares. Presença de apêndices em uma ou ambas as extremidades.

Fibras: fibrotraqueídes (>3 µm), com pontoações areoladas distintas; septadas; comprimento médio de 842 µm, diâmetro médio de 24 µm, lúmen de 15 µm; paredes finas a espessas.

Parênquima axial: paratraqueal escasso. **Raios:** média de 11/mm'; unisseriados e bisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; altura média de 300 µm. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 17 - Anatomia da madeira de *Coccoloba alnifolia*. Ocorrente na RES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial escasso. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontuações intervasculares. H: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontuações raio-vasculares. I: Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F: 100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 13 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Coccoloba alnifolia*.

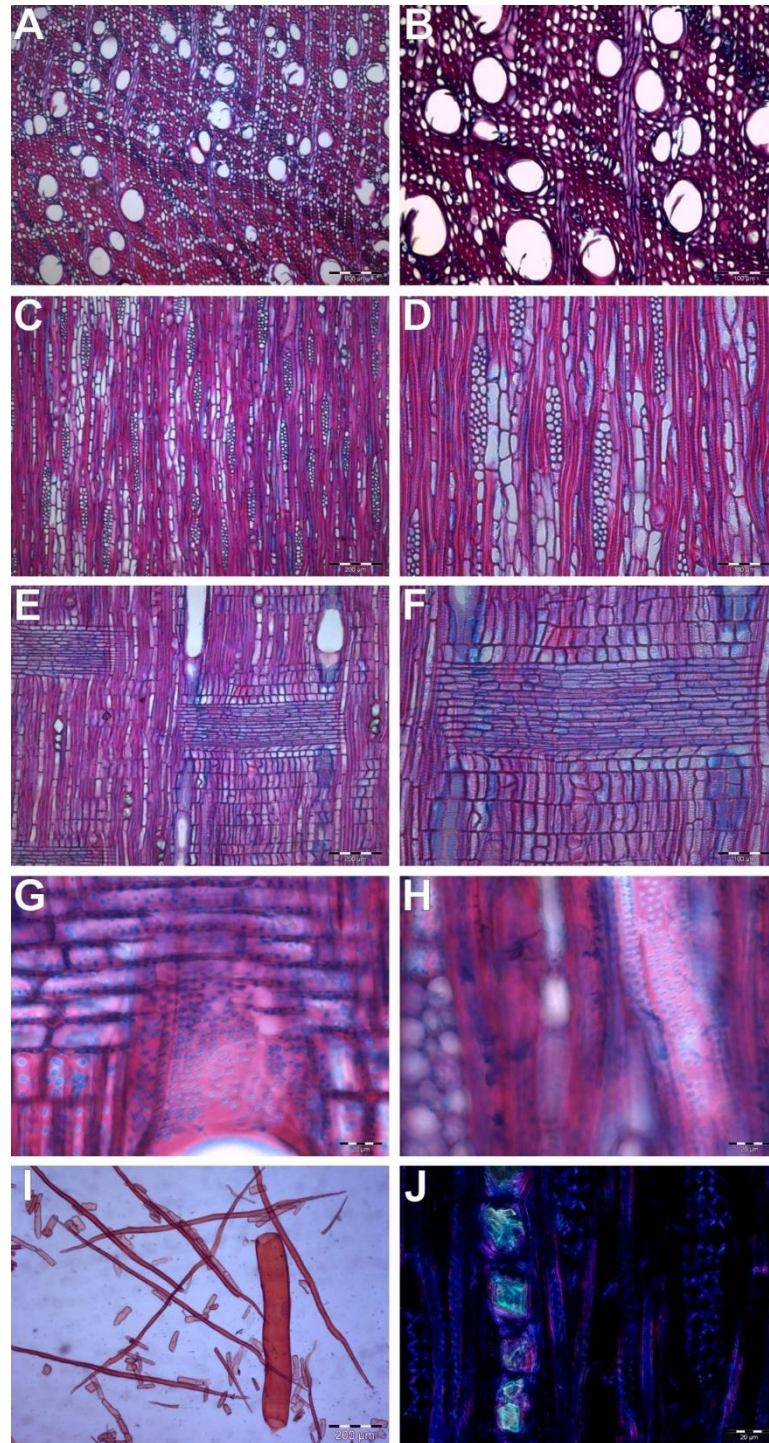
Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	10,00	16,68	24,00	3,06
Comprimento (µm)	228,44	413,53	645,46	79,78
Diâmetro tangencial (µm)	52,60	78,13	132,94	14,41
Diâmetro radial (µm)	59,53	95,06	173,01	21,33
Área aproximada (µm ²)	1949,93	4574,68	10743,05	1541,34
Espessura da parede (µm)	2,04	4,02	5,92	0,68
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,81	3,18	4,41	0,50
Raio-vasculares (µm)	1,78	2,85	4,25	0,47
Parênquima-vasculares (µm)	0,00	0,00	0,00	0,00
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	16,28	23,51	32,01	3,32
Lúmen (µm)	9,51	14,89	23,79	2,55
Comprimento (µm)	654,36	841,63	1091,96	99,54
Espessura da parede (µm)	1,21	4,31	7,21	0,92
Pontoações (µm)	1,86	3,06	4,96	0,64
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	7,00	10,75	16,00	1,80
Altura (µm)	160,65	299,52	448,45	73,92
Largura (µm)	9,65	19,45	34,63	4,71

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo dos tipos celulares.

***Eugenia astringens* Cambess (Myrtaceae) (Fig. 18, Tab. 14)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo achatamento radial e espessamento da parede de fibras. **Elementos de vaso:** porosidade difusa, média de 20/mm²; solitários; seção circular a oval; comprimento médio de 508 µm; diâmetro tangencial médio de 75 µm e radial médio de 96 µm; paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações raio-vasculares areoladas distintas, semelhantes com as pontoações intervasculares e parênquima-vasculares. Presença de apêndices em uma ou ambas as extremidades. **Fibras:** classificadas como fibrotraqueídes (>3 µm), com pontoações areoladas distintas; não septadas; comprimento médio de 948 µm, diâmetro médio de 21 µm, lúmen de 10 µm; paredes finas a espessas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso; apotraqueal difuso e agregados; em linhas; seriado com 4-7 células de altura. **Raios:** média de 6/mm'; multisseriados (2-4 células de largura) e unisseriados, integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; altura média de 234 µm; presença de raios fusionados. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 18 - Anatomia da madeira de *Eugenia astringens*. Ocorrente na RES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações intervasculares. I: Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F: 100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 14 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Eugenia astringens*.

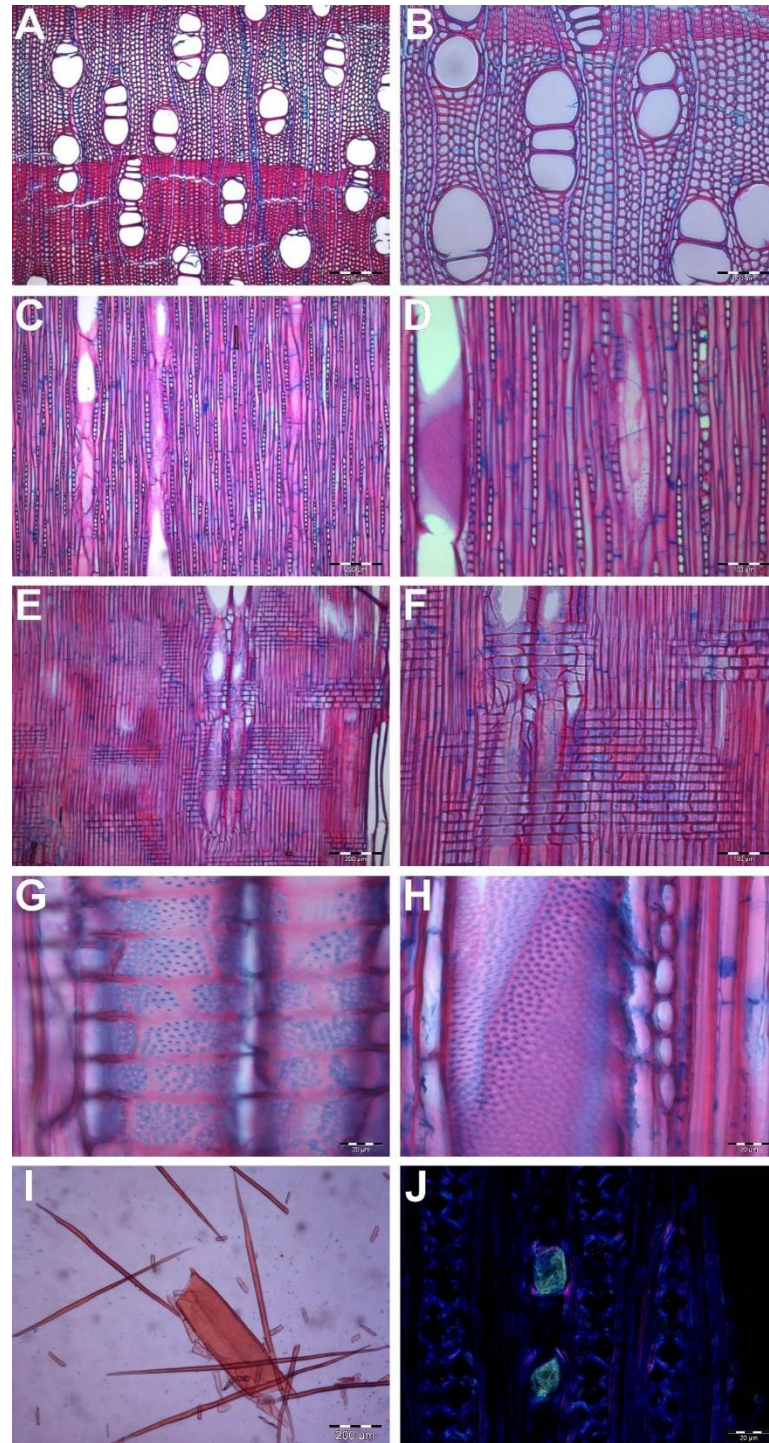
Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	14,00	19,59	25,00	2,53
Comprimento (µm)	319,59	507,71	709,48	77,37
Diâmetro tangencial (µm)	54,05	74,72	102,66	9,83
Diâmetro radial (µm)	67,82	95,95	134,37	11,78
Área aproximada (µm ²)	1949,93	4383,31	7584,57	1007,85
Espessura da parede (µm)	2,34	3,64	4,90	0,57
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,21	2,27	3,86	0,44
Raio-vasculares (µm)	1,19	2,03	2,82	0,37
Parênquima-vasculares (µm)	1,10	2,20	3,29	0,43
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	14,57	20,56	24,89	1,95
Lúmen (µm)	6,06	9,90	14,40	1,64
Comprimento (µm)	633,82	947,92	1223,89	110,01
Espessura da parede (µm)	3,10	5,33	6,95	0,78
Pontoações (µm)	1,73	3,23	4,93	0,70
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	244,71	446,00	719,12	87,01
Comprimento (nº de células)	4,00	5,39	7,00	0,96
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	3,00	5,54	8,00	1,10
Altura (µm)	150,87	234,26	372,53	39,67
Largura (µm)	16,67	26,11	37,47	4,12

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo dos tipos celulares.

***Cupania emarginata* Cambess (Sapindaceae) (Fig. 19, Tab. 15)**

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas pelo achatamento radial e espessamento da parede de fibras. **Elementos de vaso:** porosidade difusa; média de 20/mm², solitários e em arranjos radiais de 2-8 elementos; seção circular a oval; comprimento médio 453 µm; diâmetro tangencial médio de 94 µm e radial médio de 109 µm, paredes de espessura média de 4 µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares diminutas, alternas, com formato circular a poligonal e semelhantes às pontoações raios-vasculares e parênquima-vasculares quanto ao tamanho e forma. Presença de tilose. Presença de apêndices em ambas as extremidades. **Fibras:** fibrotraqueídes (>3 µm), com pontoações areoladas distintas; septadas, comprimento médio de 877 µm; diâmetro médio de 22 µm, lúmen de 13 µm; paredes muito finas. **Parênquima axial:** paratraqueal escasso, com séries de 3-6 células de altura. **Raios:** média de 12/mm'; unisseriados integrados por células procumbentes na região central, eretas e/ou quadradas nas margens; com altura média de 234 µm. **Outras características:** presença de cristais prismáticos nas células dos raios.

Figura 19 - Anatomia da madeira de *Cupania emarginata*. Ocorrente na RES.



Legenda: A-I: Microscopia óptica. J: Microscopia de Polarização. A e B: Seção transversal, demonstrando a distribuição e formato dos vasos e parênquima axial. C e D: Seção longitudinal tangencial, demonstrando os raios multisseriados. E e F: Seção longitudinal radial, demonstrando os raios. G: Seção longitudinal radial, demonstrando as pontoações raio-vasculares. H: Seção longitudinal tangencial, demonstrando as pontoações intervasculares. I: Macerado, demonstrando vasos e fibras. J: Seção longitudinal radial, demonstrando a presença de cristais sob luz polarizada. Barras: A, C, E e I: 200µm. B, D e F:100 µm. G, H e J: 20 µm.

Tabela 15 - Dados anatômicos quantitativos da madeira de *Cupania emarginata*.

Tipos Celulares	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio padrão
ELEMENTOS DE VASO				
Vasos / mm ²	23,00	29,57	36,00	2,35
Comprimento (µm)	253,29	453,42	644,83	77,04
Diâmetro tangencial (µm)	49,83	93,92	119,06	12,92
Diâmetro radial (µm)	73,36	109,38	157,79	14,98
Área aproximada (µm ²)	3761,44	6602,81	9988,14	1451,04
Espessura da parede (µm)	2,94	3,83	4,95	0,41
PONTOAÇÕES				
Intervasculares (µm)	1,22	2,14	3,53	0,39
Raio-vasculares (µm)	1,35	2,04	3,81	0,37
Parênquima-vasculares (µm)	1,04	2,09	3,23	0,43
FIBRAS				
Diâmetro (µm)	16,46	21,97	26,37	2,17
Lúmen (µm)	7,76	12,59	16,68	1,94
Comprimento (µm)	687,45	877,16	1197,77	101,79
Espessura da parede (µm)	2,31	4,69	7,61	0,87
Pontoações (µm)	2,26	3,86	5,90	0,67
PARÊNQUIMA AXIAL				
Comprimento (µm)	449,56	633,99	880,04	82,21
Comprimento (nº de células)	3,00	4,52	6,00	0,73
PARÊNQUIMA RADIAL				
Raios / mm'	9,00	11,61	15,00	1,32
Altura (µm)	138,42	233,56	383,39	55,13
Largura (µm)	9,69	18,50	31,86	3,64

Legenda: Valor mínimo, médio, máximo e desvio padrão do quantitativo dos tipos celulares.

3.3 Discussão

As 14 espécies avaliadas e pertencentes as famílias Anacardiaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Myrtaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Rutaceae, Sapindaceae e Solanaceae, apresentaram muitas características anatômicas qualitativas distintas, porém, determinadas características foram compartilhadas entre algumas. Essas espécies apresentaram duas vertentes, por um lado a falta de descrição anatômica da madeira e por outro lado, espécies com descrições já encontradas na literatura que corroboram com os nossos resultados. De acordo com Metcalfe (1983), a análise da anatomia da madeira desempenha um papel fundamental no processo de identificação e diferenciação de espécies botânicas. Este processo de identificação, juntamente com sua aplicação na sistemática de diversos táxons, amplia a caracterização das espécies presentes no território do Rio de Janeiro. Esse estado, que apresenta uma notável riqueza de

biodiversidade, também enfrenta desafios importantes decorrentes das ações humanas (MARTINELLI, 2018). A diversidade de famílias botânicas encontradas nas três fitofisionomias sugere uma interação complexa de espécies lenhosas, podendo ser influenciada por fatores geográficos, climáticos e ecológicos.

Algumas das espécies estudadas não possuem dados anatômicos na literatura. Alguns autores descrevem características em comum com o gênero e a família, como a *Eugenia puniceifolia* e *Eugenia astringens*, pertencentes a família Myrtaceae, com porosidade difusa, vasos solitários, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vasculares, fibras do tipo fibrotraqueídes, com pontoações areoladas de paredes finas a espessas, parênquima apotraqueal difuso em agregados, raios heterogêneos e presença de cristais (METCALFE & CHALK, 1950; MARCHIORI 1997, 2005, 2012; MARQUES et al., 2007). A espécie *Coccoloba alnifolia*, uma Polygonaceae, com porosidade difusa, placas de perfuração simples, semelhantes às raios-vasculares, fibras do tipo fibrotraqueídes, com pontoações areoladas de paredes finas a espessas parênquima axial ausente, raios heterogêneos e presença de cristais (DETIENNE & JACQUET, 1983; MARCHIORI & MUNIZ, 1987). A *Metrodorea nigra*, Rutaceae, com vasos de porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vascular e parênquimo-vascular, fibras do tipo libriformes, com pontoações simples de paredes finas a espessas, parênquima axial apotraqueal difuso e em agregados, com raios heterogêneos e presença de cristais (DETIENNE & JACQUET, 1983). A espécie *Vernonanthura discolor*, da família Asteraceae, com porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vascular e parênquimo-vascular, fibras do tipo libriformes com pontoações simples e paredes muito finas, parênquima axial paratraqueal vasicêntrico e aliforme, raios heterogêneos e presença de cristais (METCALFE & CHALK, 1950). E por último, a espécie da família Melastomataceae, *Miconia hypoleuca* apresentando porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervascular semelhantes a raio-vascular e parênquimo-vascular, fibras do tipo fibrotraqueídes com pontoações simples e paredes muito finas, parênquima axial escasso ou raro, raios heterogêneos e presença de cristais, corroborando com outros estudos relacionados com o gênero (HESS, 1946; BARBOSA et al., 1978; BAUMGRATZ, 1980; WELL & KOCK-NOORMAN, 1978, 1981; COGNIAUX, 1888; MARCON & COSTA et al., 2000).

Por outro lado, outras espécies já possuem dados anatômicos na literatura como a *Cupania emarginata* e *Cupania oblongifolia* (Sapindaceae) com porosidade difusa, placas de

perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vascular e parênquimo-vascular, presença de tilose, fibras do tipo fibrotraqueídes com pontoações areoladas distintas e paredes muito finas, parênquima axial paratraqueal escasso, raios heterogêneos, possuem um padrão observado com outros estudos realizados (METCALFE & CHALK, 1950; KLAASSEN, 1999). A espécie *Metternichia principis* (Solanaceae) com porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vasculares e parênquimo-vascular, fibras do tipo fibrotraqueídes com pontoações areoladas e paredes finas a espessas, parênquima axial difuso em agregados, raios heterogêneos, com dados corroborando com diversos outros estudos (RECORD & HESS, 1943; METCALFE & CHALK, 1957; ARAÚJO & SONKIN, 1984). A espécie *Astronium graveolens* (Anacardiaceae) com porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vascular e parênquimo-vascular, fibras do tipo libriformes com pontoações simples e paredes finas a espessas, parênquima axial paratraqueal vasicêntrico e escasso, raios heterogêneos, fusionados e com presença de canais. Descrição observada em estudos de outros autores (KRIBS, 1968; BERTI & ABBATE, 1992; MILLER, 2007; MOYA et al., 2013; LÉON, 2003, 2013). A espécie *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) com porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vasculares e parênquimo-vascular, fibras do tipo libriformes com pontoações simples e paredes finas a espessas, parênquima axial paratraqueal vasicêntrico, raios heterogêneos. Apresenta dados consistentes com outros trabalhos na literatura (CORADIN et al., 2010; PACE & ANGIALOSSY, 2013; WITOVISK et al., 2017; BRANDES et al., 2020; CAMPBELL et al., 2022). A representante da família Fabaceae, *Zollernia glabra* com porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares semelhantes às raio-vasculares e parênquimo-vasculares, fibras do tipo libriformes com pontoações simples e paredes muito finas, parênquima axial paratraqueal escasso, raios heterogêneos e presença de cristais (DÉTIENNE & JACQUET, 1983; KRIBS, 1968; MANSANO, 2002; BARROS et al., 2008). A espécie *Guarea guidonea* (Meliaceae) com porosidade difusa, placas de perfuração simples, pontoações intervascular semelhantes a pontoações raio-vascular e parênquimo-vascular, fibras do tipo libriformes com pontoações simples e paredes finas a espessas, parênquima axial paratraqueal aliforme e vasicêntrico, raios heterogêneos. Estes resultados seguem um padrão consistente com os estudos anteriores (METCALFE & CHALK, 1957; JUSS, 1985; DÉTIENNE & JACQUET, 1983; BARAJAS-MORALES et al., 1997; URQUIZA, 2008; CARRERAS et al., 2012; LÉON, 2013; PENA, 2017; SILVA et al., 2021). E por última a espécie *Genipa americana* (Rubiaceae) com

porosidade difusa, pontoações intervasculares semelhantes a raio-vascular e parênquimo-vascular, fibras do tipo fibrotraqueídes com pontoações simples e paredes finas a espessas, parênquima axial difuso e paratraqueal escasso, raios heterogêneos e fusionados, corroborando com os autores Marchiori (1987) e León (2011).

A presença de cristais na madeira se evidencia principalmente por meio de cristais de oxalato de cálcio os quais podem se manifestar de diversas maneiras, incluindo a formação de ráfides (aglomerados de cristais pontiagudos) e drusas (aglomerados cristalinos mais arredondados) apresentando uma dinâmica complexa (FANH, 1982). Os cristais de oxalato de cálcio são frequentemente observados preenchendo as células parenquimatosas da madeira. Estudos indicam que a acumulação desses cristais pode ser influenciada por fatores genéticos, onde diferentes espécies e até as mesmas variedades dentro da mesma espécie exibem variações na quantidade e distribuição de cristais. Diversos estudos exploram que além de fatores genéticos, o acúmulo de cristais pode variar conforme a idade da árvore (VASCONCELOS et al., 1995; COSTA et al., 2003; PHONGKRATHUNG et al., 2016). Nesse estudo a presença de cristais na madeira foi encontrada em todas as espécies descritas, ressaltando que outros estudos ainda precisam ser feitos, como testes histoquímicos, para identificação da formação e tipos desses cristais.

Uma das fontes de informação mais cruciais para compreender o desenvolvimento das árvores e as condições climáticas durante o seu processo de formação são os anéis de crescimento (SCHWEINGRUBER, 1996). Segundo o IAWA (1989), eles são classificados em distintos e indistintos ou ausentes. Dentre as espécies estudadas, somente quatro apresentaram camadas de crescimento ausentes ou indistintas, enquanto as outras dez espécies mostraram camadas de crescimento distintas. As espécies com camadas de crescimento classificados como indistintos ou ausentes, foram encontradas na FOB, a fitofisionomia caracterizada por apresentar maior disponibilidade hídrica. Por outro lado, as espécies que evidenciaram camadas de crescimento distintos, estão na FES e RES, fitofisionomias com menor disponibilidade hídrica. Vários estudos relatam que as camadas de crescimento em regiões temperadas, onde há variação sazonal entre estações úmidas e secas, as árvores apresentam camadas de crescimento distintas (WORBES & FICHTLER, 2010; BRIENEN et al., 2016; ISLAM et al., 2018; SILVA et al., 2019). Enquanto nas regiões tropicais, com condições menos sazonais, ou seja, com condições hídricas constantes, as camadas de crescimento podem ser menos evidentes, mais sutis ou ausentes (RODRIGUEZ et al., 2022). Outros autores apontam a alta complexidade de fatores (e.g., números de espécies, variedade

de habitats, atividade cambial variável) que explicam tal formação das camadas de crescimento dessas espécies tropicais (BRIENEN et al., 2016; LCOSELLI et al., 2017; SCHÖNGART et al., 2017; WORBES et al., 2017; SILVA et al., 2019; GIRALDO et al., 2020; QUESADA-ROMÁN et al., 2020).

Os tipos celulares das espécies lenhosas respondem a diferentes condições de disponibilidade hídrica, em casos de segurança hidráulica ou eficiência hídrica (HACHE et al., 2015; HAWORTH et al., 2017; VENTURAS et al., 2017; PÉREZ-DE-LIS et al., 2018). No entanto, a frequência de vaso está ligada a segurança hídrica, com uma maior quantidade por área, e com menores diâmetros, que são menos eficientes, porém mais seguros, uma vez que torna mais difícil o processo de embolismo, por outro lado, vaso de menor frequência e mais largo são mais eficientes no transporte hídrico, podendo ser propensos ao embolismo (METCALFE & CHALK, 1950; CARLQUIST, 1977, 2001). Diante disso, as espécies encontradas nas fitofisionomias estudadas apresentaram esses tipos celulares. A FOB, caracterizada por ambiente com maiores disponibilidade hídrica, com elementos celulares voltados para a eficiência hídrica e a FES e RES com menores recursos hídricos, com estruturas voltadas para a segurança hidráulica. Os resultados estão de acordo com os dados da literatura (ARAÚJO et al., 2021; SIMIONI et al., 2020, 2023; CASTELAR et al., 2023).

Neste contexto, nossos resultados mostraram que as características anatômicas da madeira mencionadas, como os vasos, fibras, parênquima axial e raios, refletem na distribuição das espécies nas três fitofisionomias, com diferentes variações de disponibilidade hídrica no território do estado do Rio de Janeiro. Essas características anatômicas, por sua vez, revelam-se fundamentais para a sobrevivência e perenidade ao longo dos anos, acrescentando, assim, nuances valiosas ao conhecimento já existente acerca das espécies lenhosas em questão.

3.4 Conclusão

A caracterização anatômica revelou que características comuns nos vasos, tais como a porosidade difusa, pontuações intervasculares alternas, presença de apêndices nas extremidades, as fibras com pontuações areoladas e a presença de cristais. As espécies ocorrentes em Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga exibem uma notável diversidade na sua estrutura anatômica, constituindo uma sólida base para diversos estudos, mostrando que as variações ambientais refletem em características voltadas tanto para a eficiência hídrica e segurança hídrica. Além disso, implementa-se registros inéditos, com observações detalhadas de *Eugenia punicifolia*, *Eugenia astringens*, *Coccoloba alnifolia*, *Metrodorea nigra*, *Vernonanthura discolor*, *Miconia hypoleuca* para o estado do Rio de Janeiro. Por outro lado, as demais espécies já caracterizadas pela literatura, como *Cupania oblongifolia*, *Cupania emarginata*, *Metternichia principis*, *Astronium graveolens*, *Paratecoma peroba*, *Guarea guidonea*, *Genipa americana* e *Zollernia glabra* não tiveram novas descobertas de tipos celulares, mas as análises contribuíram para a observação das características de forma comparativa entre as demais espécies e entre as áreas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. P.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Tree species diversity of coast allow land semideciduous forest fragments in northern Rio de Janeiro state, Brazil. *Bioscience Journal*, 30, 1529-1550, 2014.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), p. 711-728, 2014.
- ARAÚJO, I.; MARIMON, B. S.; SCALON, M. C.; CRUZ, W. J.; FAUSET, S.; VIEIRA, T. C.; GLOOR, M. U. A variação intraespecífica nas características foliares facilita a ocorrência de árvores na transição Amazônia-Cerrado. *Flora*, 279, 151829, 2021.
- ASSUMPÇÃO, J. A. N. & NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de Restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, R.J, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 14, p. 301-315, 2000.
- BAAS, P.; WHEELER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bulletin*, 4:141-159, 1983.
- BARAJAS-MORALES, J. B.; ANGELES, A. G.; SÁNCHEZ, P. S. Anatomia de maderas de Mexico: especies de una selva alta perennifolia. *Publicaciones especiales del Instituto de Biología - UNAM*, v. 16: p. 7-126, 1997.
- BARBOSA, O.; BAITELLO, J.B.; MAINIERI, C.; MONTAGNA, R.G.; DE NEGREIROS, O. C. Identificação e fenologia de espécies arbóreas da Serra da Cantareira (São Paulo). *Silvicultura*, S. Paulo, v. 11/12: p. 1-168, 1978.
- BARROS, C. F.; CALLADO, C. H.; DA CUNHA, M.; FERREIRA, M. L. M.; TAMAIO, N.; MARQUETE, O.; COSTA, C. G. Madeiras da Mata Atlântica: Anatomia do lenho de espécies ocorrentes nos remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Vol. III. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2008.
- BARROS, C. F.; CALLADO, C. H.; MARCON, M. L.; COSTA, C. G.; CUNHA, M.; LIMA, H. R. P.; MARQUETE, O. Madeiras da Mata Atlântica: Anatomia do lenho de espécies ocorrentes nos remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro – Brasil. Volume II. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 94, 2001.

BAUMGRATZ, J. F. A. Miconias do município do Rio de Janeiro. Seção Miconia DC. (Melastomataceae). Rodriguésia, v. 32: p. 73-95, 1980.

BERTI, R. N. & ABBATE, M. L. E. *Legnami tropicali* importati in Italia: anatomia e identificazione. America Latina: CNR, Firenze, v. 2, p. 406, 1992.

BOTOSO, P. C. Identificação macroscópicas de madeira: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. Embrapa Florestas. ISSN 1517-52X, 65p, 2011.

BRANDES, A. F. N.; NOVELLO, B. Q.; LEMOS, D. N.; NASCIMENTO, L. B.; ALBUQUERQUE, R. P.; TAMAIO, N.; BARROS, C. F. Anatomia da madeira de espécies brasileiras ameaçadas de extinção. IAWA Journal, v. 41 (4): p. 510-576, 2020.

BRIENEN, R. J. W.; SCHÖNGART, J.; ZUIDEMA, P. A. Anéis de árvores nos trópicos: insights sobre a ecologia e a sensibilidade climática das árvores tropicais. In: Goldstein, G., Santiago, L. (eds) Fisiologia de Árvores Tropicais. Fisiologia da Árvore, v. 6, 2016.

CAMPBELL, G.; CALLADO, C. H.; COSTA, W. S.; MARQUES, J. B. C.; PIRED, S.; DA CUNHA, M. Resposta do anel de crescimento em *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. da floresta estacional semidecídua no Sudeste do Brasil. Dendrochronologia, v. 72, 2022.

CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer – Verlaag, Berlin, 2001.

CARLQUIST, S. Ecological Factors in Wood Evolution: a floristic approach. American Journal of Botany, v. 64(7), p. 887, 1977.

CARRERAS, R.; CUZA A. L.; GONZÁLEZ, R.; TERUEL, J. Árboles y maderas de Baracoa. Cuba El Tafane, v. 84: p. 616–1717, 2012.

CASTELAR, J. V. S.; DA CUNHA, M.; SIMIONI, P. F.; CASTILHORI, M. F.; LIRA-MARTINS, D.; GILES, A. L.; COSTA, W. S.; ALEXANDRINO, C. R.; CALLADO, C.H. Functional traits and water-transport strategies of woody species in an insular environment in a tropical forest. Am. J. Bot. e16214. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16214>, 2023.

COGNIAUX, A. Miconia, Melastomataceae. In: C. F. P. Martius & A. G. Eichler, Flora Brasiliensis, v. 14 (4), 1887/88.

CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A.; PASTORE, T. C. M.; CHRISTO, A. G. Madeiras Comerciais do Brasil, 2010.

COSTA, C. G. et al., Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Editoras). Anatomia vegetal. Viçosa: UFV, p. 129 – 154, 2003.

CRUZ, N. M. L.; DE SOUZA, T. P.; NASCIMENTO, D. F.; NASCIMENTO, M. T. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. *Austral Ecology*, v. 47, p. 13114-1, 2021.

DA SILVA, M. M. & DE MELO JÚNIOR, J. C. F. Plasticidade da folha e lenho de cinco espécies lenhosas em duas áreas de restinga no Sul do Brasil. *Iheringia. Série Botânica*, 72(2), 173-180, 2017.

DÉTIENNE, P. & JACQUET, P. Atlas d'identification des bois de l'amazonie et des régions voisines. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, 1983.

EMBRAPA. Embrapa Solos: relatório de gestão/atividades 2011. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, p. 96, 2011.

EVARISTO, V. T.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Regeneração da Mata Atlântica em plantações abandonadas de eucalipto *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson no Rio de Janeiro, Brasil. *Interciência*, 36(6), 431-436, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33919418006>, 2011.

FANH, A. Plant Anatomy. 3 ed. Pergamon Press, Madrid, 1982.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin Writing - review and editing, Supervision, Project administration, composites, and a new macerating method for wood. *Nature*. 155, p. 51, 1945.

GIRALDO, J. A.; DEL VALLE, J. I.; SIERRA, C. A.; MELO, O. Potencial dendrocronológico de árvores da região mais chuvosa da América. Na *Dendroecologia Latino-Americana*. Springer, p. 79-119, 2020.

HACKE, U. Functional and ecological Xylem anatomy, 4: 1–281. DOI: 10.1007 / 978-3-319-15783-2, 2015.

HESS, R. W. Keys to American woods (continued)¹. *Tropical Woods*, V. 85: p. 11-19, 1946.

IAWA COMMITTEE. List of Microscopic features of hardwood identification. IAWA Bulletin, v.10, p.219-332, 1989.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística -. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE-Diretoria de Geociências, p. 271, 2012.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Plano de Manejo. Resumo Executivo - Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (EEEG). Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro: INEA, p. 45, 2013.

ISLAM, M.; RAHMAN M.; BRÄUNING, A. Long-Term Hydraulic Adjustment of Three Tropical Moist Forest Tree Species to Changing Climate. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, 2018.

JOHANSEN, D. A. Plant Microtechnique. New York, McGraw-Hill Book Co. Inc. 523, 1940.

KLAASSEN, R. Wood anatomy of the Sapindaceae. IAWA Journal Supplement 2, 1999.

KOPPEN, W. Climatologia: conunestudio de los climas de latierra. Fondo de Cultura Económica. México. 479p, 1948.

KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: Edur; p. 198, 1997.

KRIBBS, D. A. Commercial foreign woods on the American market. Dover Publications, New York, 1968.

LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; VITÓRIA, A. P. Photosynthetic analyses of two native Atlantic Forest species in regenerative understory of eucalyptus plantation. *Brazilian J. Plant Physiol.* 24, 95-106, 2012.

LCOSSELLI, G. M.; KROTTENTHALER, S.; PITSCH, P.; ANHUF, D.; CECCANTINI, G. Idade e taxa de crescimento de espécies arbóreas congêneras (*Hymenaea* spp. - Leguminosae) habitando diferentes biomas tropicais. *Erdkunde*, 71 (1), 45–57, 2017.

LÉON, H. & WILLIAMS, J. Anatomia da madeira de 27 espécies de Sapindales no estado de Barinas (Venezuela). Aspectos taxonômicos. Revista Florestal Venezolana, v. 57, p. 9–27, 2013.

LÉON, H. & WILLIAMS, J. Anatomia da madeira de 31 espécies de Rubiaceae na Venezuela. Acta Botânica Venezolana, v. 34, n. 2, p. 347-379, 2011.

MANSANO, V. F. Revisão taxonômica do gênero *Zollernia* (Leguminosae, Papilionoideae, Swartzieae) e estudos de ontogenia floral e filogenia no ramo Lecointea. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP, pg 151, 2002.

MARCHIORI, J. N. C. & MUÑIZ, G. I. B. Estudo anatômico da madeira de *Myrciaria tenella* (DC.) Berg. Ciência e Natura, 9 (9), 97–104. <https://doi.org/10.5902/2179460X25469>, 1987.

MARCHIORI, J. N. C. & MUÑIZ, G. I. B. Wood anatomy of *Coccoloba Cordata* Cham. (Polygonaceae). Ciência e Natura, 9 (9): 87–96, 1987.

MARCHIORI, J. N. C. Anatomia da madeira de *Celtis pallida* Torrey. Ciência e Natura, v. 15, p. 137- 147, 1993.

MARCHIORI, J. N. C. Anatomia da madeira de limoeiro-do-mato, *Randia armata* (Sw.) DC. Ciência Rural, 17: 39-48, 1987.

MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. Dendrologia das Angiospermas Myrtales. Santa Maria: Ed. da UFSM, p. 304, 1997.

MARCHIORI, P. E. R.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, L.; MACHADO, R.S.; MACHADO, E.C.; SCARPARI, M.S. Plant growth, canopy photosynthesis and light availability in three sugarcane varieties. Sugar Tech, v. 12, p. 160-166, 2010.

MARCON, M. L. & COSTA, C. G. Anatomia da Madeira de quatro espécies do gênero *Miconia* Ruíz & Pavón (Melastomataceae). Rodriguésia, v. 51 (78 – 79), p. 5 – 20, 2000.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. International Journal of Climatology, v. 29(15), p. 2197-2352, 2009.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, p. 1189-1200, 2016.

MARQUES, P. A.; ARAUJO, G. U. C.; BARROS, C. F.; CALLADO, C. H. Anatomia do lenho de três espécies de *Eugenia L.* (Myrtaceae) de mata e restinga. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 801-803, 2007.

MARTINELLI, G.; MARTINS, E.; MORAES, M.; LOYOLA, R.; AMARO, R. Livro vermelho da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro, 2018.

METCALFE, C. R. & CHALK, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford, v. 1, p. 243-245, 1950.

METCALFE, C. R. & CHALK, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford, v. 2, p. 557, 1957.

METCALFE, C.R. & CHALK, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. 2 ed. Clarendon Press, Oxford, v. 2, p. 65-81, 1983.

MILLER, R. B. Fluorescent woods of the world. In: Flynn JH (Ed), *A Guide to the More Useful Woods of the World*. Madison: Forest Products Society, p. 271-305, 2007.

MOYA, R.; WIEMANN, M. C.; OLIVARES, C. Identificação de espécies de árvores da Costa Rica ameaçadas ou ameaçadas pela anatomia da madeira e atividade de fluorescência. *Revista de Biologia Tropical*, 61(3), 1113-1156, 2013.

MUÑIZ, G. I. B. & CORADIN, V. T. R. Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I - Angiospermae, II - Gimnospermae. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Laboratório de Produtos Florestais. Brasília, 1992.

OLIVEIRA, D. S.; SIMIONI, P. F.; ARAÚJO, I.; PIREDÁ, S.; PESSOA, M. J. G.; FEITOZA, R. B. B.; OLIVEIRA, G. S.; AMARAL, G. F.; DA CUNHA, M. Effects of microclimatic variation on plant leaf traits at the community level along a tropical forest gradient. *Trees-structure and function*, v. 37, p. 1, 2023.

PACE, M. R. & ANGIALOSSY, V. Anatomia e evolução da madeira: um estudo de caso em Bignoniaceae. *International Journal of Plant Sciences* 174 (7): 1014-1048, 2013.

PEÑA, J. L. M. Diversidade florística, dendrologia e dendroecologia em florestas estacionais decíduas do Centro e Norte do Peru, Tese, Universidade de São Paulo, 2017.

PHONGKRATHUNG, R.; VAJRODAYA, S.; KERMANEE, P. Wood anatomy and properties of three species in the genus *Spondias* L. (Anacardiaceae) found in Thailand. Agriculture and Natural Resources. 50. 10.1016/j.anres.2015.09.001, 2016.

PINHEIRO, A. L.; JESUS, R. M.; ALMEIDA, E. C.; CARMO, A. P. T. Dendrologia Riodocensis. Gurindiba (*Trema micrantha* L. Blume). Revista Ceres, Viçosa, v.41, p.12-18, 1994.

PIREDA, S.; OLIVEIRA, D. S.; BORGES, N. L.; FERREIRA, G. A.; BARROSO, L. M.; SIMIONI, P.; VITÓRIA, A. P.; DA CUNHA, M. Data on leaf structural, physiological and nutritional characteristics of species co-occurring in Restinga and Semidecidual Seasonal Forest ecosystems. Data in Brief. 30, 105484. 2020.

PLANO DE MANEJO RPPN CARUARA. IPF, Soluções Florestais, p. 250 São João da Barra, RJ, Brazil, 2018.

QUESADA-ROMÁN, A.; BALLESTEROS-CÁNOVAS, J. A.; GRANADOS-BOLAÑOS, S.; BIRKEL, C.; STOFFEL, M. Reconstrução dendrogeomórfica de inundações em um rio tropical dinâmico. Geomorfologia, v. 359, 2020.

RECORD, S. J. & HESS, R. W. Timbers of the new world, New Haven, Yale University Press, 514-515, p. 640, 1943.

RIBEIRO, D. R. Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Ecofisiologia e sazonalidade em espécies de Mata Atlântica: avaliações da fotossíntese e potencial hídrico como parâmetros para discriminar grupos do início do processo sucessional. Tese de Doutorado. Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, 2012.

RODRIGUES, P. J. F. P. A vegetação da Reserva Biológica União e os efeitos de borda na Mata Atlântica fragmentada. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, p. 136, 2004.

RODRIGUEZ, D. R. O.; HEVIA, A.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; SANTINI, L.; CARVALHO, H. W. P.; ROIG, F. A.; TOMAZELLO-FILHO, M. Exploring wood anatomy, density and chemistry profiles to understand the tree-ring formation in Amazonian tree species, Dendrochronologia, v. 71, 2022.

SASS, J. E. Botanical microtechnique. 2nd ed. Ames: The Iowa State College Press; p. 391, 1951.

SCHÖNGART, J.; BRÄUNING, A.; CAMPOS-BARBOSA, A. C. M.; LISI, C. S.; DE OLIVEIRA, J. M. Estudos dendroecológicos nos neotrópicos: história, status e desafios futuros, Springer, Suíça, 2017.

SCHWEINGRUBER, F. H. Anéis de Árvores e Dendrocronologia Ambiental. Haupt, Berna, p. 609, 1996.

SILVA, D. S.; VASCONCELLOS, T.; CALLADO, C. Effects of urbanization on the wood anatomy of *Guarea guidonia*, an evergreen species of the Atlantic Forest. Trees. 37. 10.1007/s00468-020-02080-w, 2021.

SILVA, G. & NASCIMENTO, M. T. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do Estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). Revista Brasileira de Botânica, v. 24(1), p. 51-62, 2001.

SILVA, J. R. DA. Anatomia, densidade e condutividade hidráulica potencial do xilema secundário de árvores de três procedências de *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Rutaceae) em plantios homogêneos. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -UNESP. Instituto de Biociências. Botucatu, SP, p77, 2018.

SILVA, M. D. S.; FUNCH, L. S.; DA SILVA, L. B. O conceito de anel de crescimento: buscando uma abordagem mais ampla e inequívoca abrangendo espécies tropicais. Biol. Rev., 94 (3), 2019.

SIMIONI, P. F.; EMILIO, T.; GILES, A. L.; DE FREITAS, G. V.; OLIVEIRA, R. S.; SETIME, L.; VITORIA, A. P.; PIREDAS, S.; DA SILVA, I. V.; DA CUNHA, M. Traços anatômicos relacionados ao funcionamento hidráulico de folhas e ramos na Amazônia plantas de savana, AoB PLANTS, v. 15, 2023.

SIMIONI, P.; CAMPBELL, G.; PINTO, V. D.; CASTELAR, J. V. D. S.; PESSOA, M. J. G.; SILVA, I. V. D.; DA CUNHA, M. Do anatomical wood traits suggest adjustments in the hydraulic architecture of dominant species in Amazonian savannah? Plant Biosystems, p. 1-12, 2020.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5a ed. Porto Alegre, Artmed, p. 223–224, 2013.

URQUIZA, M. V. S. Crescimento e idade de cinco espécies arbóreas do morro Santa Cruz, Corumbá-MS, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dissertação de Mestrado, Mato Grosso do Sul. Brasil, 2008.

VASCONCELOS, F. J.; FREITAS, J. A.; SILVA, A. C. Observação microscópica de inclusões minerais no xilema de espécies tropicais da Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, v.25, n.1/2, p. 55-68, 1995.

VILLELA, D. M.; NASCIMENTO, M. T.; ARAGAO, L. E. O. C.; DA GAMA, D. M. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Biogeography*, 33: 506–516. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2699.2005.01453.x>, 2006.

WITOVISK, L.; ALVES, R. J. V.; GUIMARÃES, A. R.; DA SILVA, N. G. The dead forest on Trindade Island was not monospecific, says the wood. *IAWA Journal*. 0, p. 1–11, 2017.

WORBES, M. & FICHTLER, E. Anatomia da madeira e estrutura dos anéis das árvores e sua importância para a dendrocronologia tropical. *Florestas de Várzea Amazônicas*, v. 210, p. 329-346, 2010.

WORBES, M.; HERAWATI, H.; MARTIUS, C. Anéis de crescimento de árvores em florestas tropicais de turfeiras de Kalimantan, Indonésia, *Florestas*, 8, p. 1-15, 2017.

4 O APORTE HÍDRICO LOCAL INFLUENCIA A ARQUITETURA HIDRÁULICA DAS ÁRVORES NA MATA ATLÂNTICA?

Ferreira GA, Simioni PF, Araújo I, Pireda S, Feitoza RBB e Da Cunha M.

O processo de colonização das plantas ao longo do tempo mostra que elas desenvolveram características funcionais que garantiram sua sobrevivência em diversos fitofisionomias, como estratégias conservadoras em que as espécies lidam com recursos limitados e enfatizam atributos funcionais que reduzem essa perda, levando a um crescimento lento, mas seguro (DIAZ et al., 2016; APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2021; ARAÚJO et al., 2021; FAGUNDES et al., 2022). Por outro lado, as estratégias aquisitivas potencializam os recursos levando a um crescimento rápido, mas vulnerável (REICH, 2014). As espécies com estratégias aquisitivas (e.g., menor frequência de vasos, maior área de vaso, maior condutividade hidráulica, menor densidade da madeira) tendem a ter eficiência e ocorrem em fitofisionomias com alta disponibilidade hídrica, enquanto as espécies que adotam estratégias conservadoras (e.g., maior frequência de vasos, menor área de vaso, maior densidade da madeira e maior quantidade de fibras) são geralmente encontradas em fitofisionomias com baixa disponibilidade hídrica (PIERCE et al., 2013; MARACAHIPES et al., 2018; ARAÚJO et al., 2021, 2022; SERRA-MALUQUER et al., 2022; RIBEIRO-JÚNIOR et al., 2023). Diante disso, estudar as características anatômicas da madeira são importantes para compreensão das estratégias de transporte de água das plantas frente as mudanças climáticas.

Os ajustes dos caracteres anatômicos da madeira que ocorre nas plantas das florestas tropicais, podem ser influenciados por diferentes índices de disponibilidade hídrica, como encontrado no bioma Mata Atlântica, que sofreu drasticamente com o aumento do desmatamento direcionado por atividades antrópicas que visam a maximização de atividades agropecuárias ao longo da história, mantendo apenas 12,4% de sua cobertura original (SCHNEIDER, 2018; WEINZETTEL et al., 2018; INPE, 2021). A Mata Atlântica exibe alta riqueza de espécies, especialmente endêmica de flora e fauna e, está incluída entre os 36 “hotspots” globais de biodiversidade (REZENDE et al., 2018) sendo área prioritária para conservação (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2005; ZACHOS & HABEL, 2011). Além disso, possui diversas fitofisionomias, como as Florestas Ombrófilas Densas, Estacionais Semidecíduais e sistemas associados como a Restinga que estão sob condições

ambientais distintas, especialmente disponibilidade de água e nutrientes no solo (PIREDA et al., 2020; BORGES et al., 2022; CASTELAR et al., 2023).

A disponibilidade de água é um dos principais fatores que afetam o funcionamento hidráulico das espécies arbóreas (RICARDO, 2019; SIMIONI et al., 2023). Geralmente, as árvores que crescem em fitofisionomias com baixa disponibilidade hídrica tendem a exibir características anatômicas da madeira que auxiliam no transporte de água mais seguro, eficiente e com menor risco de embolia apresentando vasos com maiores frequências, agrupados e estreitos fornecendo uma passagem alternativa para o fluxo hídrico (ZIMMERMAN & TYREE, 2002; MCDOWELL et al., 2008; BEECKMAN, 2016). O armazenamento de água no xilema secundário ocorre nas células do parênquima axial e radial e no lúmen das fibras, portanto, o arranjo desse conjunto celular junto aos vasos é imprescindível para o funcionamento hidráulico eficiente e seguro em fitofisionomia com baixa disponibilidade hídrica (CARLQUIST, 1997; LI et al., 2016; SECCHI et al., 2017). A variação do arranjo celular do xilema secundário pode refletir na densidade da madeira (ZIEMINSKA et al., 2013), que por sua vez, tem sido boa preditora de resistência a seca, madeiras mais densas suportam pressões mais negativa no xilema, devido ao aumento do percentual de fibras associadas aos vasos, diminuindo o risco de embolia (HACHE et al., 2001; BERTOLLI et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2015; FU et al., 2019).

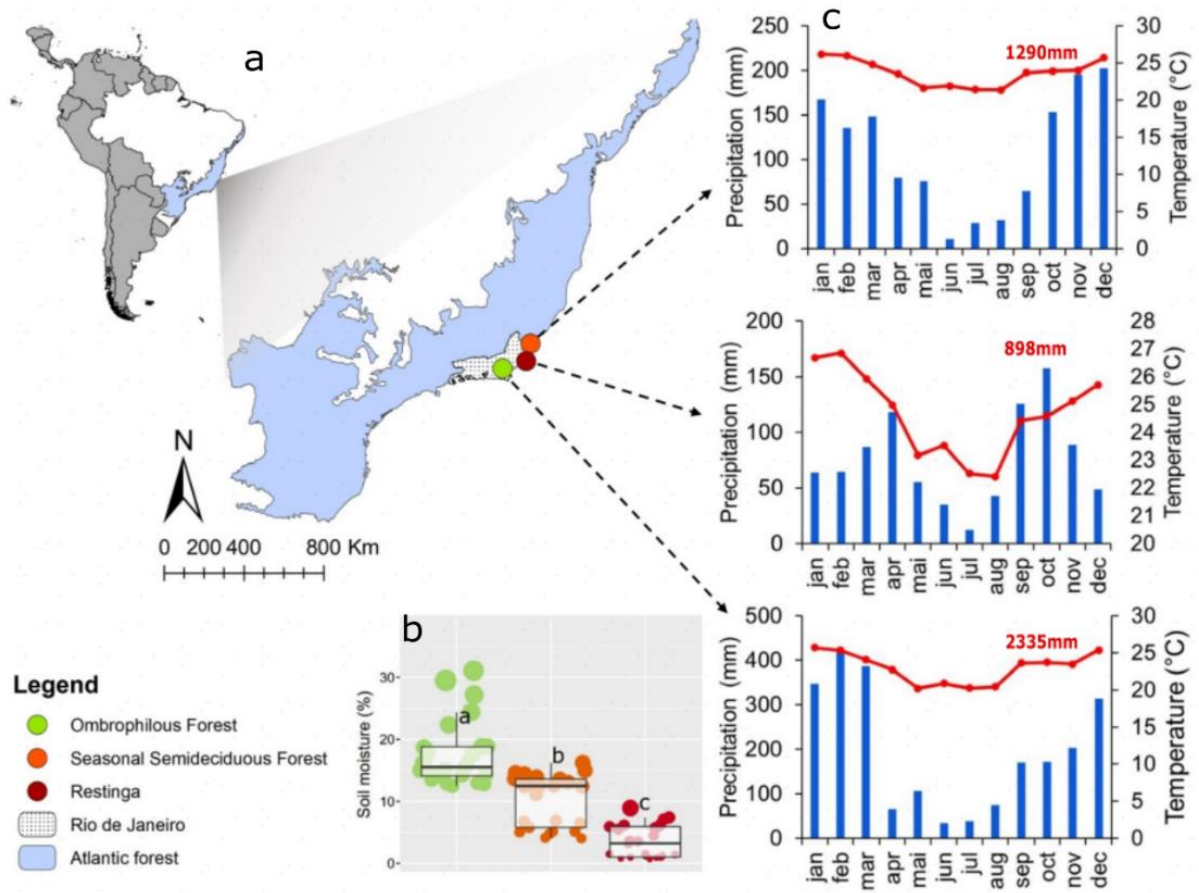
Nesse contexto, entender como os atributos da madeira variam entre as comunidades vegetais, e até que ponto essa variação pode ser considerada adaptativa é o objetivo central da ecologia funcional vegetal para realizar previsões mais robustas de como as florestas responderão às secas futuras (LENS, 2013; ANDEREGG et al., 2016; ADAMS et al., 2017). Nesse contexto, avaliamos se a disponibilidade de água no solo influencia a arquitetura hidráulica das espécies lenhosas em diferentes fitofisionomias na Mata Atlântica. Para isso, hipotetizamos que as espécies da Floresta Ombrófila Densa apresentariam maior condutividade hidráulica teórica, menor densidade da madeira, menor frequência de elementos de vasos longos e maiores percentuais de células parenquimáticas, devido ter mais acesso a água durante o ano todo; Enquanto as espécies da Restinga apresentariam maior frequência de vasos com diâmetros menores e paredes mais espessas, maiores espessura da parede da fibra e densidade da madeira, refletindo em uma arquitetura hidráulica de maior segurança no funcionamento do xilema secundário, uma vez que essas árvores estão sob maior déficit hídrico em relação às espécies que ocorrem na Floresta Ombrófila Densa. Por outro lado, as espécies da Floresta Estacional Semidecidual apresentariam um padrão intermediário da arquitetura hidráulica em relação as demais comunidades arbóreas.

4.2 Materiais e métodos

Áreas de estudo

Realizamos o estudo em três fitofisionomias da Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro (Fig. 20). Uma Floresta Ombrófila Densa, localizada na Reserva Biológica União no município de Rio das Ostras, se estendendo pelos municípios de Casimiro de Abreu e Macaé (22° 25'40" S e 42° 02'06" W). O clima é tropical úmido (Af), chuvoso, com precipitação média anual entre 1600 e 2000 mm, a temperatura média é de 20 °C com a umidade do ar variando entre 85% e 97%, apresenta predominância de solos argilosos (KOPPEN, 1948; EVARISTO et al., 2011; LAGE-PINTO, 2012; ALVARES et al., 2014) (Fig. 20). Uma Floresta Estacional Semidecidual, localizada na Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba, no município de São Francisco de Itabapoana (21°41'57" S e 41°07'76" W). O clima é classificado como tropical (Aw), chuvoso (dezembro) e seco (julho), com precipitação média anual entre 1000 e 1200 mm, a temperatura média é de 23 °C e a umidade do ar varia entre 80% e 82 %, com solos do tipo argiloarenosos (KOPPEN, 1948; SILVA & NASCIMENTO, 2001; VILLELA et al., 2006; IBGE, 2012; INEA, 2013; ALVARES et al., 2014) (Fig. 20). Uma Restinga, localizada na Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Caruara, no município de São João da Barra (21° 79'71" S e 41° 04'25" W). O clima é caracterizado de tropical subúmido (Aw), chuvoso (novembro a janeiro) e seco (maio a agosto), com precipitação média anual entre 800 e 1000 mm, a temperatura média é de 25 °C e a umidade do ar varia entre 80% e 84 %, com predominância de solos arenosos (KOPPEN 1948, PLANO DE MANEJO RPPN CARUARA, 2018; PIREDÁ et al., 2020; CRUZ et al., 2021) (Fig. 20).

Figura 20 - Mapa com a localização das três fitofisionomias e informações adicionais.



Legenda: Pontos de referência das fitofisionomias na Mata Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil (a); Diferenças na umidade do solo entre as fitofisionomias (b); Padrões de precipitação total anual estão descritos em vermelho, precipitação média mensal está representada em barras azuis e temperatura média mensal está representada em linha vermelha para cada fitofisionomia (c). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ano de 2020 (<https://portal.inmet.gov.br/>).

Seleção das espécies

Selecionamos cinco espécies arbóreas mais abundantes em cada fitofisionomia, baseado nos inventários florísticos e fitossociológicos (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; RODRIGUES, 2004; ABREU, 2014). Amostramos cinco indivíduos por espécie de cada fitofisionomia, totalizando 75 árvores avaliadas na Mata Atlântica. Informações adicionais das espécies podem ser consultadas na (Tab. 16).

Umidade relativa do solo

Realizamos as coletas no período de maio a junho de 2022. Primeiramente coletamos quatro amostras de solo por indivíduo e homogeneizamos formando uma única amostra por indivíduo, totalizando 25 amostras por fitofisionomia. Utilizamos o trado holandês de 0-40 cm de profundidade e, posteriormente, determinamos a relação peso fresco/peso seco para estimar o teor de água no solo. Determinamos o peso fresco como o peso do solo em seu estado natural de coleta, enquanto o peso seco estabelecemos após a secagem em estufa por sete dias, medidos em balança digital (Shimadzu AY220, JAPÃO) (EMBRAPA, 1997) (Fig. 20B; Tab. 17), a umidade do solo foi então calculada como:

$$U (\%) = \frac{mw}{sm} \times 100$$

onde U = umidade (%), MA = massa de água e MS = massa sólida.

Processamento da madeira

Coletamos as amostras de madeira com aproximadamente 10 cm de comprimento, em caules principais sem bifurcações e defeitos aparentes, usando o método não-destrutivo da sonda de Pressler (Increment Borer, SUUNTO, EUA) a uma altura de 1,30 m do solo (BARROS et al., 2001). Inicialmente submetemos as amostras da região do cerne, ao processo de amolecimento, por meio de uma solução de água destilada e glicerina (1:1 v/v) e, posteriormente, levamos para autoclave. Em seguida, orientamos e seccionamos o material amolecido por meio de um micrótomo de deslize (SM2010R, LEICA, Alemanha) nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial, com uma espessura média de 16 µm (BURGER & RICHTER, 1991). Posteriormente, clarificamos os cortes em hipoclorito de sódio a 50%, em seguida em água acidulada 0,1%, e coramos com Safrablau e desidratamos em série etílica ascendente de 50% a 100% (JOHANSEN, 1940), seguido de imersão em xilol P.A. Por fim, confeccionamos as lâminas permanentes em resina sintética Entellan® (Merck).

Em seguida, realizamos o processo de dissociação e maceração da madeira utilizando o método de Franklin (1945), modificado por Kraus e Arduin (1997). Para cada amostra

retiramos pequenos fragmentos da madeira (1 cm) e colocamos em frascos com solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (1:1). Posteriormente, vedamos os frascos e levamos à estufa com temperatura de 60 °C por 48 horas ou até a completa dissociação das células. Depois, lavamos o material em água corrente e coramos com safranina aquosa 1% e imersos em glicerina 50% para a confecção de lâminas semipermanentes (SASS, 1951). Todas as amostras de madeira foram depositadas no acervo da Xiloteca Dra. Cecília Gonçalves Costa da UENF (HUENFw) (Tab. 16).

Análises morfoanatômicas

Realizamos as análises morfoanatômicas utilizando 15 lâminas por indivíduo de todas as espécies avaliadas nas fitofisionomias. Em seguida, fotografamos as lâminas em microscópio óptico de campo claro (Axioplan, ZEISS, EUA), com captura de imagem por câmera (Moticam Pro 282B, Hong Kong) acoplada ao microscópio e analisamos as lâminas através do software Image-Pro Plus versão 4.0 para Windows (Media Cybernetics, EUA). Todas as medidas celulares da madeira seguiram as normas do IAWA Committee (1989).

Para a análise dos atributos morfofuncionais da madeira realizamos 25 medições para cada parâmetro: frequência de vaso, comprimento do elemento de vaso, área e diâmetro do vaso; tamanho das pontoações intervasculares; diâmetro e lúmen das fibras. Além disso, calculamos o índice de vulnerabilidade, que determina a influência do ambiente nos caracteres anatômicos da madeira, segundo Carlquist (1977, 2001) (Tab. 18).

Para o método de frações dos tecidos selecionamos 15 fotomicrografias por indivíduo no plano transversal e coramos manualmente os tecidos (e.g., fibras e parênquima total) com o auxílio do software GIMP versão 2.10.24 (GNU Programa de Manipulação de Imagens, EUA). Posteriormente, calculamos a área das diferentes cores no software ImageJ versão 1.52s (RASBAND, 2012) e, por fim, usamos as áreas calculadas através das imagens para a obtenção da porcentagem de cada tecido por indivíduo.

Densidade da madeira

Para calcular a densidade da madeira, secções de 1,0 cm foram retiradas do corpo de prova, após isso foi medido o volume fresco das amostras do lenho, previamente separadas, pelo método de deslocamento da coluna d'água (WILLIAMSON & WIEMANN, 2010). As amostras foram imersas em béquer com água em uma balança digital (Shimadzu AY220, JAPÃO) e consideramos o volume da amostra igual ao peso de água deslocada (e.g., 1g = 1 cm³). Para obter a massa seca, secamos as amostras em estufa a 105°C por 72 horas. Utilizamos a seguinte equação para avaliar a densidade da madeira:

$$D_m = (M_s/V_d)$$

onde D_m = densidade da madeira (g.cm⁻³), M_s = massa seca, e V_d = volume deslocado.

Condutividade hidráulica teórica

A condutividade hidráulica teórica (KH) foi calculada a partir do diâmetro do lúmen de 25 vasos selecionados aleatoriamente para cada indivíduo amostrado usando a equação de Hagen-Poiseuille:

$$K_h = \pi D^4 / 128 \eta$$

onde K_h = condutividade hidráulica teórica em kg.s⁻¹.m⁻¹.MPa⁻¹, η = viscosidade da água a 20 °C (1.002 x 10⁻³ Pa.s) e D = diâmetro do vaso hidraulicamente ponderado em mm.

Como as secções transversais dos vasos não são círculos perfeitos, a área do lúmen do vaso foi usada para calcular o diâmetro equivalente do vaso (d) (SCHOLZ et al., 2013):

$$d = \sqrt{4A/\pi}$$

onde A = área do lumen do vaso.

O diâmetro do vaso hidraulicamente ponderado (D) foi calculado como:

$$D = (\sum d^4 / N)^{0.25}$$

onde D = diâmetro equivalente do vaso em mm, e N = número de vasos medidos.

Índice de vulnerabilidade

O índice de vulnerabilidade foi calculado usando a equação proposta por Carlquist (2001):

$$Vi = (Vd/Vf)$$

onde Vi = índice de vulnerabilidade, Vd = diâmetro do vaso (mm) e Vf = frequência de vaso (mm²).

Análises estatísticas

Testamos se as propriedades físicas e químicas diferiam entre as fitofisionomias, realizamos análise de variância univariada (ANOVA) individualmente para cada variável. Posteriormente, usamos testes *post-hoc* de Tukey para identificar diferenças significativas entre os tipos específicos de fitofisionomia. Comparamos as diferenças nas características anatômicas da madeira entre as fitofisionomias, usando Modelos Lineares Mistos Generalizados (GLMM) no pacote lme4 (BATES et al., 2014), com o tipo de fitofisionomia como preditores (efeito fixo) e espécies como um efeito aleatório (Tab. 19). Além disso, realizamos uma análise de componentes principais (PCA) para verificar quais características anatômicas da madeira foram associadas com as diferentes fitofisionomias. Antes das análises, testamos a normalidade e homocedasticidade da variância usando os testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente (LEVENE, 1961; SHAPIRO-WILK, 1965), e realizamos todas as análises no software R versão 4.3.1 (R CORE TEAM, 2023).

4.3 Resultados

Variação nos atributos anatômicos da madeira entre as fitofisionomias

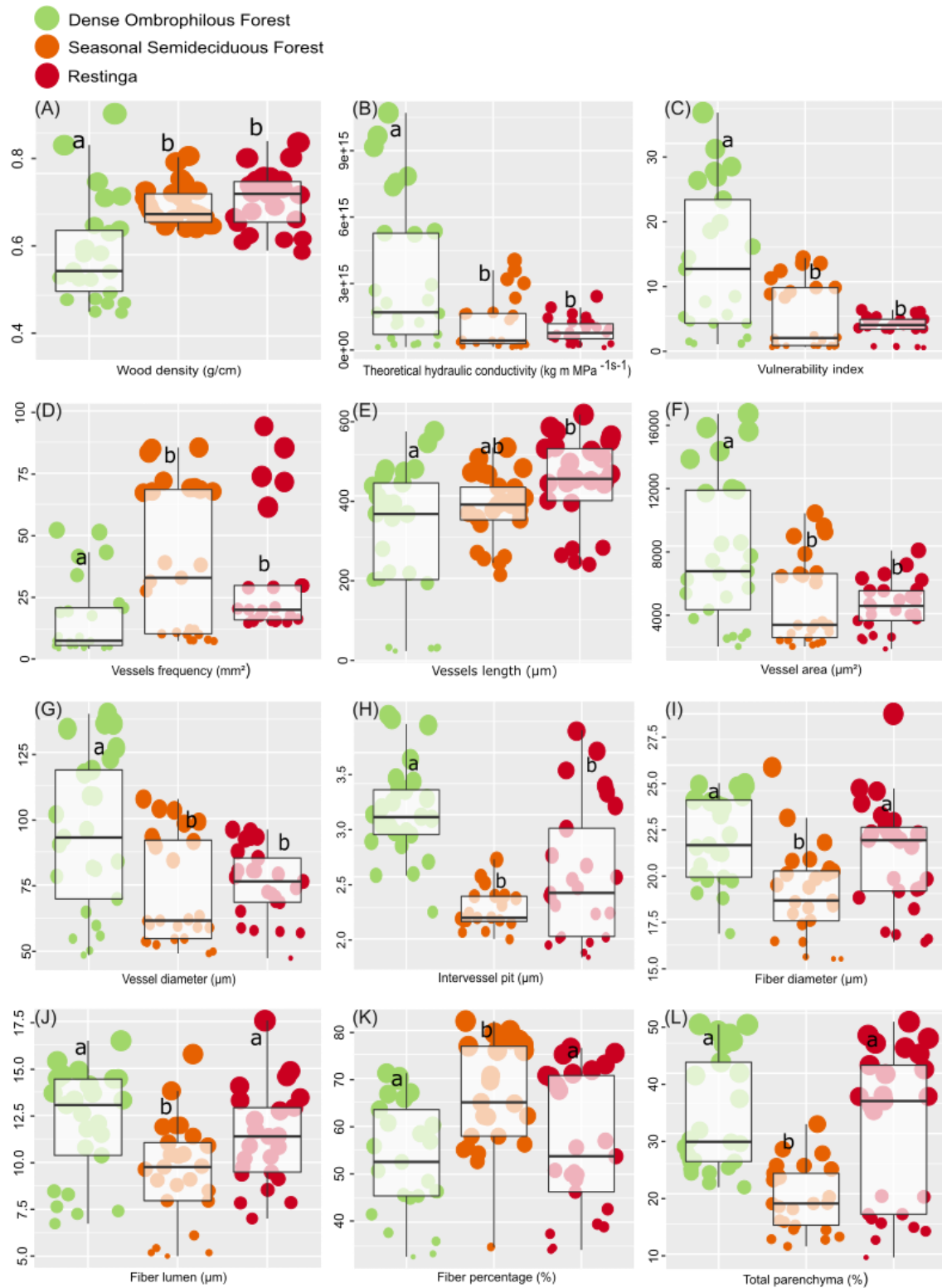
As árvores que crescem na Floresta Ombrófila Densa apresentaram valores menores de densidade da madeira e, por outro lado, valores maiores de condutividade hidráulica e índice de vulnerabilidade comparado às árvores que crescem nas demais fitofisionomias (Fig. 21A, 21B, 21C). Enquanto, as espécies lenhosas na Floresta Estacional Semidecidual e Restinga apresentaram valores similares e maiores de frequência de vasos comparado às árvores na Floresta Ombrófila Densa (Fig. 21D). As espécies lenhosas crescendo na Restinga apresentaram valores maiores de comprimento de elemento de vasos comparado as árvores na Floresta Ombrófila Densa, enquanto as árvores na Floresta Estacional Semidecidual apresentaram um padrão intermediário em relação às outras fitofisionomias (Fig. 21E).

Em contrapartida, as árvores na Floresta Ombrófila Densa apresentaram valores maiores de área, diâmetro e pontoações dos vasos comparado a Floresta Estacional Semidecidual e Restinga (Fig. 21F, 21G, 21H). Surpreendentemente, as espécies lenhosas que crescem no extremo do gradiente de disponibilidade hídrica no solo (e.g., Floresta Ombrófila Densa e Restinga) apresentaram valores semelhantes (e.g., diâmetro e lúmen da fibra, porcentagem de fibras e parênquima total) (Fig. 21I, 21J, 21K, 21L), enquanto as árvores na Floresta Estacional Semidecidual divergiram das demais fitofisionomias.

Atributos anatômicos da madeira refletem eficiência e segurança hídrica

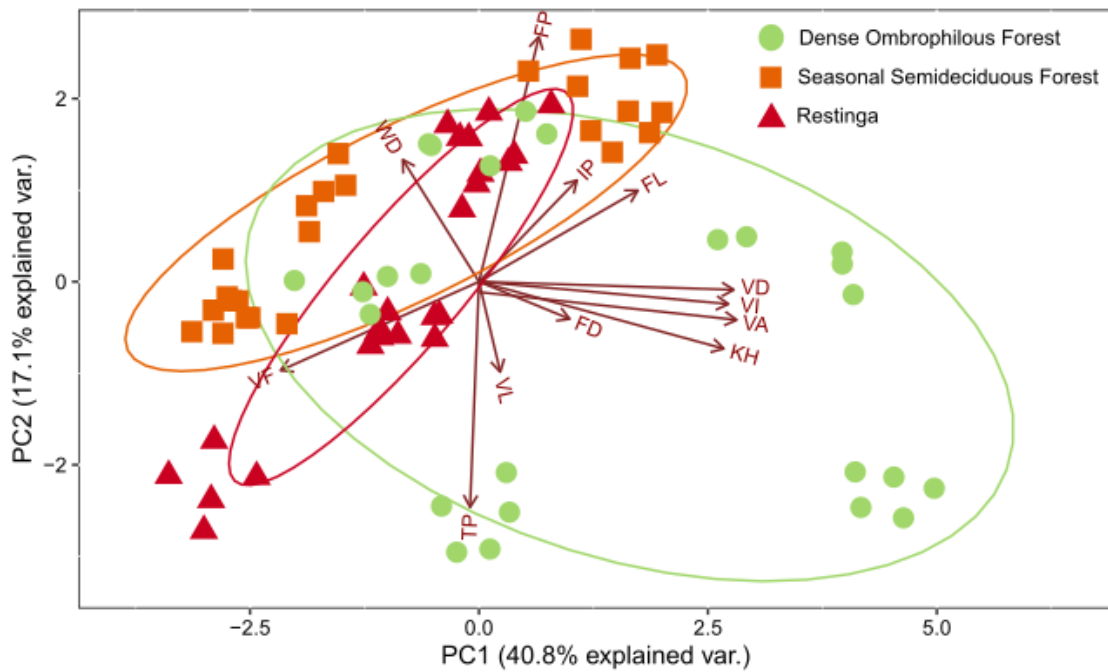
Para identificar os principais eixos de variação de características e como as características anatômicas da madeira das árvores ao longo de um gradiente de disponibilidade de água no solo se alinham ao longo desses eixos, realizamos uma análise de componentes principais, que explicou 57,9% da variação total nos dois primeiros eixos (Fig. 24). O primeiro eixo (explicando 40,8% da variância) foi associado às características relacionadas com a eficiência ao transporte e uso da água, como condutividade hidráulica teórica, índice de vulnerabilidade e diâmetro e área do vaso (Tab. 20). O segundo eixo (explicando 17,1% da variância) foi mais associado a características ligadas à segurança hidráulica, como comprimento do elemento de vaso, densidade da madeira, e pontoações intervasculares (Fig. 24, Tab. 20).

Figura 21 - Variação nas características anatômicas funcionais da madeira das espécies lenhosas nas três fitofisionomias.



Legenda: O boxplot representa as medianas e os quartis superior e inferior; diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas (teste de Tukey, $P < 0,05$).

Figura 22 - Análise de componentes principais baseada na distribuição dos traços anatômicos funcionais das três fitofisionomias.



Legenda: Densidade da madeira (WD), Condutividade hidráulica teórica (KH), Índice de vulnerabilidade (VI), Frequência de vasos (VF), Comprimento do elemento de vasos (VL), Área do vaso (VA), Pontoações intervasculares (IP), Diâmetro da fibra (FD), Lúmen da fibra (FL), Parênquima total (TP).

Tabela 16 - Dados coletados nas três fitofisionomias.

Fitofisionomia	Espécie	Família	Nº HUENFw	DAP (cm)	Altura (m)
Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	640, 641, 642, 643, 644	23	12
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	650, 651, 652, 653, 654	16	12
	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	Asteraceae	655, 656, 657, 658, 659	15	11
	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	660, 661, 662, 663, 664	17	13
	<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	Melastomataceae	665, 666, 667, 668, 669	18	10
Floresta Estacional Semidecidual	<i>Metrodorea nigra</i> A. St.-Hil	Rutaceae	670, 671, 672, 673, 674	17	11
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	675, 676, 677, 678, 679	21	9
	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	680, 681, 682, 683, 684	19	9
	<i>Metternichia princeps</i> J. C. Mikan	Solanaceae	685, 686, 687, 688, 689	20	10
	<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlm	Bignoniaceae	690, 691, 692, 693, 694	22	12
Restinga	<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae	615, 616, 617, 618, 619	12	5
	<i>Eugenia astringens</i> Cambess	Myrtaceae	620, 621, 622, 623, 624	11	5
	<i>Zollernia glabra</i> (Spreng.) Yakovlev	Fabaceae	625, 626, 627, 628, 629	13	7
	<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	Polygonaceae	630, 631, 632, 633, 634	12	7
	<i>Cupania emarginata</i> Cambess	Sapindaceae	635, 636, 637, 638, 639	11	6

Legenda: Nome das espécies, famílias, números dos exemplares da coleção de amostras da madeira no acervo da Xiloteca Dr^a Cecília Gonçalves Costa da UENF (HUENFw), diâmetro altura do peito – DAP (cm) e altura estimada (m). Valores médios ($\pm$ desvio padrão).

Tabela 17 - Caracterização química e granulométrica dos solos.

Atributos	Símbolos	Floresta Ombrófila (CI)	Floresta Estacional Semidecidual (CI)	Restinga (CI)
pH (H ₂ O)	pH	3.80 (3.70 3.90) c	4.60 (4.40 4.90) b	5.56 (5.20 5.80) a
Sulfato de sódio (mg/dm ³)	SSO4	23.66 (22.00 26.00) a	13.66 (6.00 10.00) b	8.33 (10.00 19.00) b
Fósforo (mg/dm ³)	P	3.33 (3.00 4.00) a	3.00 (3.00 3.00) a	5.66 (4.00 9.00) a
Potássio (mg/dm ³)	K	0.73 (0.60 0.90) b	1.86 (1.80 1.90) a	1.46 (2.20 1.10) ab
Cálcio (mg/dm ³)	Ca	7.26 (4.80 11.60) a	20.13 (12.20 25.80) a	20.10 (13.10 29.40) a
Magnésio (mg/dm ³)	Mg	3.60 (2.00 6.00) a	6.56 (6.20 6.90) a	7.36 (5.10 10.80) a
Alumínio (mg/dm ³)	Al	13.30 (10.50 16.40) a	4.03 (2.70 5.70) b	0.50 (0.00 1.50) b
Hidrogênio + Alumínio (mg/dm ³)	HA1	62.96 (56.00 66.60) a	62.03 (50.60 70.10) a	15.93 (11.60 21.00) b
Sódio (mg/dm ³)	Na	0.53 (0.50 0.60) a	0.96 (0.90 1.00) a	1.50 (0.80 2.60) a
Carbono (g/dm ³)	C	14.23 (13.40 15.40) ab	23.00 (16.50 29.50) a	10.16 (8.40 12.00) b
Matéria orgânica (g/dm ³)	MO	24.53 (23.10 26.55) ab	39.65 (28.45 50.86) a	17.52 (14.48 20.69) b
Capacidade catiônica em pH 7.0 (mmolc/dm ³)	CTC	75.10 (74.50 76.00) ab	91.56 (28.45 50.86) a	46.36 (14.48 20.69) b
Soma de bases trocáveis (mmolc/dm ³)	SB	12.13 (7.90 18.80) a	29.53 (21.30 35.30) a	30.43 (20.40 45.00) a
Índice de saturação de bases (%)	V	16.33 (11.00 25.00) c	32.00 (30.00 33.00) b	64.66 (57.00 69.00) a
Índice de saturação de alumínio (%)	M	53.33 (36.00 67.00) a	12.66 (7.00 21.00) b	2.33 (0.00 7.00) b
Índice de saturação de sódio (%)	ISNA	1.0 (1.00 1.00) b	1.0 (1.00 1.00) b	3.0 (2.00 4.00) a
Nitrogênio (%)	N	0.89 (0.77 1.09) ab	1.56 (1.02 2.07) a	0.50 (0.32 0.73) b
Ferro (mg/dm ³)	Fe	213.00 (184.00 241.00) a	70.96 (59.67 85.54) b	21.45 (17.85 27.01) c
Copper (mg/dm ³)	Cu	1.09 (0.82 1.40) a	0.49 (0.35 0.57) ab	0.28 (0.09 0.59) b
Zinco (mg/dm ³)	Zn	1.31 (1.03 1.51) a	0.74 (0.57 0.89) a	0.82 (0.58 1.20) a
Manganês (mg/dm ³)	Mn	13.59 (8.76 19.51) a	20.99 (19.75 23.03) a	18.73 (9.49 24.47) a
Bório (mg/dm ³)	B	0.36 (0.30 0.42) a	0.48 (0.33 0.57) a	0.27 (0.15 0.44) a
Condutividade elétrica (d S/m)	CE	0.64 (0.58 0.71) a	0.38 (0.27 0.47) a	0.54 (0.35 0.85) a
Total de areia (g/dm ³)	TS	598.66 (584.00 623.00) b	564.00 (437.00 789.00) b	978.33 (971.00 982.00) a
Argila (g/dm ³)	A	292.66 (263.00 313.00) a	314.00 (152.00 420.00) a	18.00 (17.00 20.00) b
Silte (g/dm ³)	S	108.66 (98.00 114.00) a	122.00 (59.00 164.00) a	3.66 (1.00 9.00) b

Legenda: Atributos dos solos nas três fitofisionomias: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga. Intervalo de confiança (CI) entre seus limites (inferior | superior); diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa (teste de Tukey, $P < 0,05$).

Tabela 18 - Características das plantas em relação a madeira na Floresta Ombrófila, Estacional Semidecidual e Restinga.

Atributos	Símbolo	Floresta Ombrófila (CI)	Floresta Estacional Semidecidual (CI)	Restinga (CI)
Densidade da madeira (g/cm ⁻³)	WD	0.61 (0.46 0.95) a	0.72 (0.66 0.84) b	0.72 (0.37 0.88) b
Condutividade hidráulica teórica (kg.m ⁻¹ .s ⁻¹ .MPa ⁻¹)	KH	3.29e15 (1.71e+14 1.07e+16) a	1.22e+15 (1.75e+14 4.07e+15) b	9.22e+14 (1.51e+14 2.45e+15) b
Índice de vulnerabilidade	VI	12.93 (0.98 34.45) a	4.82 (0.58 13.44) b	3.47 (0.49 5.94) b
Frequência de vasos (mm ²)	VF	16.76 (4.48 52.12) a	40.10 (7.56 85.32) b	34.84 (14.80 98.36) b
Comprimento do elemento de vaso (µm)	VL	297.52 (23.91 556.24) a	373.27 (208.58 517.32) ab	434.81 (233.77 597.28) b
Área do vaso (µm ²)	VA	7689.72 (2045.32 15829.95) a	4677.62 (2047.56 9937.41) b	4463.81 (1900.64 7735.67) b
Diâmetro do vaso (µm)	VD	94.23 (48.55 139.53) a	72.63 (49.16 107.41) b	75.43 (47.42 95.88) b
Espessura do vaso (µm)	VT	3.79 (3.11 4.19)	3.71 (2.99 4.82)	3.71 (3.06 4.81)
Pontoações intervasculares (µm)	IP	3.03 (2.22 3.81) a	2.55 (1.70 5.00) b	2.52 (1.85 3.68) b
Porcentagem de vaso (%)	VP	14.11 (4.83 28.94)	14.27 (5.66 33.64)	13.20 (5.41 26.31)
Diâmetro das fibras (µm)	FD	21.40 (16.80 24.13) a	18.76 (15.57 24.90) b	20.58 (16.39 27.50) a
Lúmen das fibras (µm)	FL	12.03 (6.74 16.47) a	9.49 (5.01 15.76) b	11.36 (7.01 17.54) a
Porcentagem das fibras (%)	FP	53.14 (32.75 71.08) a	66.39 (34.79 81.96) b	56.37 (34.19 76.34) a
Parênquima total (%)	TP	12.40 (1.10 31.07) a	7.53 (0.95 16.48) b	12.66 (1.82 30.85) a
Porcentagem dos raios (%)	RP	20.03 (11.35 36.88)	11.80 (7.48 17.01)	17.76 (7.47 27.30)

Legenda: Os valores se referem as médias dos caracteres. Intervalo de confiança (CI) entre seus limites (inferior | superior); diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa (teste de Tukey, P < 0,05).

Tabela 19 - Estatística de modelos mistos alternativos resultantes da comparação por ANOVA. Resultados dos atributos funcionais da madeira nas avaliações de árvores da Mata Atlântica.

Atributos	DF	AIC	χ^2	*P
Densidade da madeira (g/cm ⁻³)	2	-136.10	9.03	0.01*
Condutividade hidráulica teórica (kg.m ⁻¹ .s ⁻¹ .MPa ⁻¹)	2	5389.40	12.68	0.01*
Índice de vulnerabilidade	2	93.05	49.84	<0.001*
Frequência de vasos (mm ²)	2	498.27	9.84	0.01*
Comprimento do elemento do vaso (µm)	2	822.22	97.17	<0.001*
Área dos vasos (µm ²)	2	1301.40	19.02	0.01*
Diâmetro dos vasos (µm)	2	565.38	6.37	0.04*
Pontoações dos vasos (µm)	2	1246.40	62.98	<0.001*
Diâmetro das fibras (µm)	2	319.57	10.78	0.01*
Lúmen das fibras (µm)	2	304.32	17.51	0.01*
Porcentagem das fibras (%)	2	493.99	13.87	0.0009*
Parênquima total (%)	2	427.07	30.05	<0.001*

Legenda: DF: graus de liberdade; AIC: critério de informação de Akaike; X²: qui-quadrado; *P: valores de p; * diferenças significativas.

Tabela 20 - Autovalores dos atributos funcionais da madeira de árvores em Floresta Ombrófila, Estacional Semidecidual e Restinga.

Atributos	PC1	PC2
Densidade da madeira	-0.285	-0.456
Condutividade hidráulica teórica	0.914	0.250
Índice de vulnerabilidade	0.931	-
Frequência de vaso	-0.741	0.331
Comprimento de vaso	-	0.337
Área do vaso	0.962	0.104
Diâmetro do vaso	0.952	-
Pontoações intervasculares	0.366	-0.379
Diâmetro da fibra	0.339	0.139
Lúmen da fibra	0.593	-0.341
Porcentagem de fibras	0.224	-0.915
Parênquima total	-	0.842

Legenda: Atributos da madeira e seus respectivos valores do eixo PC1 e PC2.

4.4 Discussão

Variação da arquitetura hidráulica sob o efeito da disponibilidade de água no solo

Para as árvores mais abundantes nas três fitofisionomias na Mata Atlântica, avaliamos 12 características funcionais da madeira. Perguntamos sobre o efeito da disponibilidade de água no solo nas características relacionadas ao transporte de água nas árvores. Descobrimos, que as espécies arbóreas que compõem a Floresta Ombrófila Densa apresentaram arquitetura hidráulica mais eficiente para o transporte de água. Por outro lado, as espécies que compõem a Floresta Estacional Semidecidual e Restinga exibiram uma arquitetura hidráulica mais segura. Aqui, discutimos as implicações dessas descobertas para a ecologia e o funcionamento dessas comunidades tropicais e as adaptações das árvores às condições hidrológicas locais.

Nossos resultados mostraram que as espécies arbóreas que compõem a Floresta Ombrófila Densa investiram em características funcionais (e.g., maior condutividade hidráulica teórica, menor densidade da madeira e menor frequência de elementos de vasos longos) associadas a um maior fluxo de transporte de água. Em contrapartida, as espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual e Restinga exibiram atributos mais conservadores (e.g., maior frequência de vasos com diâmetros menores, paredes mais

espessas e maior densidade da madeira), que refletem em uma arquitetura hidráulica mais segura, devido à menor disponibilidade hídrica local. O padrão observado está de acordo com outros estudos realizados (MOMO et al., 2020; BOONMAN et al., 2021; RÉJOU-MÉCHAIN et al., 2021). Esses resultados realçam a importância da disponibilidade de água e propriedades do solo (e.g., teor de umidade e matéria orgânica) como fatores que moldam a composição funcional e florística das comunidades vegetais de diversos biomas (GROOM, 2004; ENGELBRECHT et al., 2007; MOESLUND et al., 2013). Além disso, a variação espacial e temporal da disponibilidade de água em florestas tropicais é uma característica chave que pode explicar os padrões de distribuição das plantas e influenciar a arquitetura hidráulica das árvores (MEINZER et al., 2008; TOMASELLA et al., 2008; APGAUA et al., 2015, 2017; FARJADO, 2022). Isso é consistente com nosso estudo, onde descobrimos que uma maior demanda hídrica, ou seja, uma maior quantidade de água é transportada através do xilema secundário em resposta ao maior suprimento de água local.

O aumento dessa demanda pode ser avaliado a partir da estrutura do xilema secundário, como exemplificado pela comunidade de plantas da Floresta Ombrófila Densa, que apresentou maior condutividade hidráulica teórica devido aos maiores diâmetros dos vasos. No entanto, é importante ressaltar que a condução de água não ocorre apenas pelos vasos, mas também envolve um fluxo sinérgico entre diferentes tipos celulares do xilema, incluindo o tecido parenquimático e as fibras, que também foram encontrados em maior quantidade nas plantas da Floresta Ombrófila Densa (JANSSEN et al., 2020). Esses resultados são consistentes com diversos estudos da literatura (GLEASON et al., 2016, RUNGWATTANA & HIETZ, 2017; MORRIS et al., 2018; COSTA et al., 2020; GAO et al., 2020) e demonstram o quanto as plantas que ocorrem com maior dominância em florestas tropicais úmidas estão mais vulneráveis às mudanças climáticas em comparação as plantas de florestas secas.

Ademais, quando o fornecimento local de água é insuficiente para atender à demanda, como ocorre com as espécies de Restinga e, em menor grau, com as espécies da Floresta Estacional Semidecidual, a arquitetura hidráulica demonstra valores elevados de densidade da madeira, resultando em fibras com lúmens menores e vasos mais frequentes e de diâmetros menores, o que resulta em uma menor condutividade hidráulica teórica, diferente das espécies encontradas na Floresta Ombrófila Densa. Essa resposta estrutural do xilema secundário em fitofisionomias secas está de acordo com outros estudos (NARDINI et al., 2017; JACOBSEN et al., 2018; LIMA et al., 2018; MENCUCCINI et al., 2019; SCHUMANN et al., 2019; CASTELAR et al., 2023; SIMIONI et al., 2023). Esses estudos corroboram os resultados

encontrados neste trabalho, demonstrando como as plantas respondem às condições hidrológicas de florestas secas, reduzindo o risco de falha hidráulica e garantindo sua segurança, características típicas de fitofisionomias secas, como a Restinga. A Floresta Ombrófila Densa apresentou espécies com atributos anatômicos relacionados à maior condutividade hidráulica teórica, em resposta à alta disponibilidade hídrica do solo. Por outro lado, a Floresta Estacional Semidecidual e a Restinga se agruparam principalmente devido aos atributos associados à segurança hidráulica. As espécies nessas fitofisionomias exibem variação estrutural relacionada às condições hídricas específicas encontradas no solo, o que corrobora nossa hipótese. Solos com baixa disponibilidade hídrica refletem em espécies com estruturas celulares voltadas à segurança hidráulica, ao contrário de fitofisionomias mais úmidas, que favorecem uma maior eficiência no transporte de água, tornando-as potencialmente mais vulneráveis às mudanças climáticas futuras. Nossos resultados estão em consonância com muitos estudos que confirmam essa relação entre segurança e eficiência hídrica em espécies de florestas tropicais (ISLAM et al., 2018; FANG et al., 2021; SILVA et al., 2021). No entanto, como investigado neste estudo, os mecanismos de ajuste podem fornecer informações sobre adaptação a longo prazo e como as espécies podem responder às pressões ambientais em uma determinada fitofisionomia.

Implicações para as comunidades de árvores da Mata Atlântica

As consequências da disponibilidade hídrica e diferentes tipos de solos encontrados nas fitofisionomias moldam árvores adaptadas ao crescimento e sobrevivência. As estruturas funcionais das árvores em solos mais férteis e a ampla disponibilidade de água contribuem para aumentar as taxas de crescimento e exercem uma influência direta sobre a anatomia da madeira. Em solos ricos de nutrientes, as árvores tendem a apresentar taxas de crescimento elevadas, resultando em vasos mais largos, que facilitam o transporte de água e nutrientes dissolvidos no solo, em conjunto com seu crescimento acelerado. Outro ajuste é observado na densidade da madeira, árvores em solos ricos em nutrientes apresentam menor densidade da madeira e menos fibras. Isto reflete o investimento da árvore no crescimento, em vez da produção de matéria densa, indicando uma ênfase reduzida na estabilidade estrutural. Esse rápido crescimento também tem impacto na competição de luz, concedendo às árvores a vantagem de um crescimento rápido e de um acesso eficiente à luz disponível dentro de sua

fitofisionomia. Essas características são moldadas com precisão para otimizar a absorção de nutrientes e maximizar o crescimento sob condições de solo favoráveis. Estas descobertas estão consistentes em diversas pesquisas na literatura (RAMECHA et al., 2022; RODRIGUEZ et al., 2022; JERBI et al., 2023), alinhando-se com investigações que exploram a interação entre a anatomia da madeira e a disponibilidade de nutrientes no solo.

4.5 Conclusão

A compreensão dos mecanismos que influenciam a arquitetura hidráulica das plantas é essencial para entender como as espécies podem se adaptar às mudanças climáticas futuras. Os resultados deste estudo indicam que as plantas em fitofisionomias úmidas, como a Floresta Ombrófila Densa, podem estar mais vulneráveis às mudanças climáticas devido à sua maior demanda hídrica, enquanto as plantas em fitofisionomias secas, como a Restinga, apresentam estratégias mais conservadoras e seguras para garantir sua sobrevivência. Em síntese, os atributos anatômicos da madeira são indicadores valiosos para a eficiência e segurança hídrica das plantas em diferentes fitofisionomias. A análise desses atributos proporciona insights importantes sobre as estratégias de adaptação das plantas às variações na disponibilidade de água no solo.

A compreensão dos mecanismos que influenciam a arquitetura hidráulica das plantas é essencial para entender como as espécies podem se adaptar às mudanças climáticas futuras. Os resultados deste estudo tendem a indicar que as plantas em fitofisionomias úmidas, como a Floresta Ombrófila Densa, podem estar mais vulneráveis às mudanças climáticas devido à sua maior demanda hídrica, enquanto as plantas em fitofisionomias secas, como a Restinga, apresentam estratégias mais conservadoras e seguras para garantir sua sobrevivência. Em síntese, os atributos anatômicos da madeira são indicadores valiosos para a eficiência e segurança hídrica das plantas em diferentes fitofisionomias. A análise desses atributos proporciona insights importantes sobre as estratégias de adaptação das plantas às variações na disponibilidade de água no solo. Compreender essas respostas pode auxiliar na previsão das consequências das mudanças climáticas sobre as comunidades vegetais, bem como na implementação de estratégias de conservação e manejo adequadas para proteger essas fitofisionomias e sua biodiversidade.

CONCLUSÕES FINAIS

- A descrição anatômica da madeira das espécies arbóreas da Mata Atlântica gerou uma base de dados para diferentes pesquisas, como no auxílio da identificação das espécies, nos estudos ecológicos, na qualidade da madeira e conservação;
- A investigação dos atributos anatômicos e morfológicos revelaram diferentes respostas às variações ambientais de cada fitofisionomia;
- A caracterização do solo revelou diferenças como a disponibilidade hídrica e quantidade de nutrientes entre as três fitofisionomias;
- A Floresta Ombrófila Densa apresentou precipitação, umidade do solo e temperatura, que a difere da Floresta Estacional Semidecidual e Restinga, refletindo na arquitetura hidráulica das espécies arbóreas;
- O diâmetro dos vasos aumenta a condutividade hidráulica teórica, um índice que demonstra uma maior eficiência do transporte hídrico, sendo uma estratégia de sobrevivência em fitofisionomias mais úmidas;
- As fitofisionomias mais secas, FES e RES, apresentaram espécies com atributos funcionais fortemente ligados a segurança hídrica, sendo como uma estratégia de sobrevivência.

REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. P.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Tree species diversity of coast allow land semideciduous forest fragments in northern Rio de Janeiro state, Brazil. *Biosc. J.* 30, 1529-1550, 2014.
- ADAMS, H. D.; ZEPPEL, M. J.; ANDEREGG, W. R. L.; *et al.* A multi-species synthesis of physiological mechanisms in drought-induced tree mortality. *Nat. Ecol. & Evol.* 1, 1285-1291, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 22, 711-728, 2014.
- ANDEREGG, W. R. L.; KLEIN, T.; BARTLETT, M.; SACK, L.; PELLEGRINI, A. F. A.; CHOAT, B.; JANSEN, S. Meta-analysis reveals that hydraulic traits explain cross-species patterns of drought-induced tree mortality across the globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA.* 113, 5024–5029, 2016.
- APGAUA, D. M. G.; PEREIRA, D. G. S.; SANTOS, R. M.; MENINO, G. C. O.; PIRES, G. G.; FONTES, M. A. L.; TNG, D. Y. P. Floristic variation within seasonally dry tropical forests of the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its conservation implications. *Int. For. Rev.* 17, 33–44. DOI:10.1505/146554815815834840, 2015.
- APGAUA, D. M. G.; TNG, D. Y. P.; CERNUSAK, L. A.; CHEESMAN, A. W.; SANTOS, R. M.; EDWARDS, W. J.; LAURANCE, S. G. W. Plant functional groups within a tropical forest exhibit different wood functional anatomy. *Funct Ecol.* 31, 582–591. DOI:10.1111/1365-2435.12787, 2017.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Plant anatomy. Publishing Company UFV, Viçosa, Brazil, 2021.
- ARAÚJO, I.; MARIMON, B. S.; SCALON, M. C.; CRUZ, W. J. A.; FAUSET, S.; VIEIRA, T. C. S.; GALBRAITH, D. R.; GLOOR, M. U. Intraspecific variation in leaf traits facilitates the occurrence of trees at the Amazonia-Cerrado transition. *Flora.* 279, 151829, 2021.
- ARAÚJO, I.; MORANDI, P. S.; MÜLLER, A. O.; MARIANO, L. H.; ALVARES, F.; DA SILVA, I. V.; JUNIOR BEN HUR, M.; MARIMON, B. S. Leaf functional traits and monodominance in Southern Amazonia tropical forests. *Plant Ecol.* 1-16, 2022.

ARAÚJO, I.; SCALON, M. C.; AMORIM, I.; MENOR, I. O.; CRUZ, W. J.; REIS, S. M.; MARIMON, B. Morpho-anatomical traits and leaf nutrient concentrations vary between plant communities in the Cerrado–Amazonia transition?. *Flora*. 306, 152366, 2023.

ASSUMPÇÃO, J. & NASCIMENTO, M. T. Structure and floristic composition of four plant communities in a restinga vegetation in Grussai/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brazil. *Acta Bot. Bras.* 14, 301-315, 2000.

BARROS, C. F.; CALLADO, C. H.; MARCON, M. L. Woods from the Atlantic Forest: wood anatomy of species occurring in forest remnants in the state of Rio de Janeiro - Brazil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 2001.

BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Statist. Soft.* 67, 1-48, 2014.

BEECKMAN, H. Wood anatomy and trait-based ecology. *Iawa Journal* 37: 127-151, 2016.

BERTOLLI, S. C.; DE SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Photosynthetic characterization of the isohydric species Pata-de-elefante under water deficit conditions. *Rev. Caatinga*. 28, 196-205, 2015.

BOONMAN, C. C. F.; HUIJBREGTS, M. A. J.; BENÍTEZ-LÓPEZ, A.; SCHIPPER, A. M.; THUILLER, W.; SANTINI, L. Trait-based projections of climate change effects on global biome distributions. *Divers Distrib.* 28. 1-13. 10.1111/ddi.13431, 2021.

BORGES, N. L.; PIREDÁ, S.; OLIVEIRA, D. S.; FERREIRA, G. A.; PESSOA, M. J. G.; OLIVEIRA, G. S.; DA CUNHA, M. The functional variability of the morphoanatomical and physiological traits of native species leaves in a flooded tropical forest. *Trees*, 36, 1837-1851. <http://doi.org/10.1007/s00468-022-02332-x>, 2022.

BURGER, L. M. & RICHTER, H. G. Wood of anatomy. Nobel, São Paulo, Brazil, 1991.

CARLQUIST, S. & SCHNEIDER, E. L. Origins and nature of vessels in monocotyledons. 1. *Acorus*. *Int. J. Plant Sci.* 158, 51-56, 1997.

CARLQUIST S. Ecological Factors in Wood Evolution: a floristic approach. *Am. J. Bot.* 64, 887, 1977.

CARLQUIST, S. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledons wood. Springer – Verlaag, Berlin, 2001.

CASTELAR, J. V. S.; DA CUNHA, M.; SIMIONI, P. F.; CASTILHORI, M. F.; LIRA-MARTINS, D.; GILES, A. L.; COSTA, W. S.; ALEXANDRINO, C. R.; CALLADO, C. H. Functional traits and water-transport strategies of woody species in an insular environment in a tropical forest. *Am. J. Bot.* e16214. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16214>, 2023.

COSTA, W. S.; DA CUNHA, M.; RODRIGUES, P. J. F. P.; IGUATEMY, M. A.; VALLADARES, F.; BARROS, C. F. Intraspecific variation in functional wood anatomy of tropical trees caused by effects of forest edge. *For. Ecol. Manag.* 473, 118305. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118305, 2020.

CRUZ, N. M. L.; SOUZA, T. P.; NASCIMENTO, D. F.; NASCIMENTO, M. T. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. *Austral Ecol.* 47,13114-1, 2021.

OLIVEIRA, D. S.; SIMIONI, P. F.; ARAÚJO, I.; PIREDÁ, S.; PESSOA, M. J. G.; FEITOZA, R. B. B.; OLIVEIRA, G. S.; AMARAL, G. F.; DA CUNHA, M. Effects of microclimatic variation on plant leaf traits at the community level along a tropical forest gradient. *Trees*, 1-15, 2023.

DIAZ, S.; KATTGE, J.; CORNELISSEN, J. H. C. *et al.* The global spectrum of plant form and function. *Nature*. 529,167–171, 2016.

EMBRAPA, S. Manual of soil analysis methods. Rio de Janeiro: Embrapa Soil, 1997.

ENGELBRECHT, B. M.; COMITA, L. S.; CONDIT, R. *et al.* Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature*. 447, 80-82, 2007.

EVARISTO, V. T.; BRAGA, J. M. A.; NASCIMENTO, M. T. Atlantic forest regeneration in abandoned plantations of eucalypt (*Corymbia citriodora*) in Rio de Janeiro, Brazil. *Interciencia*. 36, 431-436, 2011.

FAGUNDES, M. V.; SOUZA, A. F.; OLIVEIRA, R. S.; GANADE, G. Functional traits above and below ground allow species with distinct ecological strategies to coexist in the largest seasonally dry tropical forest in the Americas. *Frontiers in Forests and Global Change*. 5, 930099, 2022.

FAJARDO, A.; PIPER, F. I.; GARCÍA-CERVIGÓN, A. I. The intraspecific relationship between wood density, vessel diameter and other traits across environmental gradients. *Funct Ecol.* 36, 1585-1598, 2022.

FANG, J.; YE, L.; CHEN, S.; SHI-TONG, L.; TIAN-TIAN, P.; JIANG-BO, X.; YAN, L.; ZHONG-YUAN, W. Differences in anatomical structure and hydraulic function of xylem in branches of angiosperms in field and garden habitats. *Chin. J. Plant Ecol.* 45, 650–658, 2021.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin Writing - review and editing, Supervision, Project administration, composites, and a new macerating method for wood. *Nature.* 155, 51, 1945.

FU, X.; MEINZER, F. C.; WOODRUFF, D. R.; LIU, Y.; SMITH, D. D.; MCCULLOH, K. A.; HOWARD, A. R. Coordination and trade-offs between leaf and stem hydraulic traits and stomatal regulation along a spectrum of isohydry to anisohydry. *Plant Cell Environ.* 42, 2245–2258, 2019.

GAO, Y.; YANG, Z.; WANG, G.; SUN, J.; ZHANG, X. Discerning the difference between lumens and scalariform perforation plates in impeding water flow in Single Xylem vessels and vessel networks in cotton. *Front Plant Sci.* 11, 246. DOI:10.3389/fpls.2020.00246, 2020.

GLEASON, S. M.; WESTOBY, M.; JANSEN, S. *et al.* Weak trade-off between xylem safety and xylem-specific hydraulic efficiency across the world's woody plant species. *New Phytol.* 209, 123-136, 2016.

GROOM, P. K. Rooting depth and plant water relations explain species distribution patterns within a sandplain landscape. *Funct. Plant Biol.* 31, 423–428, 2004.

HACKE, U. G.; SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T.; DAVIS, S. D.; MCCULLOH, K. A. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecology.* 126, 457–461, 2001.

IAWA Comittee. List of Microscopics feature of hardwood identification. *IAWA Bulletin.* 10, 219-332, 1989.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário de formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos de mapeamento. pp. 271, 2012.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba.

<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/EEEG-PM.pdf>. (Accessed 10 May 2023), 2013.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2021. Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. São Paulo, BR.
<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>. (Accessed 20 December 2022).

ISLAM, M.; RAHMAN, M.; BRAUNING, A. Long-term hydraulic adjustment of three tropical moist forest tree species to changing climate. *Front. Plant Sci.* DOI:10.3389/fpls.2018.01761, 2018.

JACOBSEN, A. L.; PRATT, R. B.; VENTURAS, M. D.; HACKE, U. G. Large volume vessels are vulnerable to water-stress-induced embolism in stems of poplar. *Iawa Journal*, 2018.

JANSSEN, T.; FLEISCHER, K.; LUYSSAERT, S.; NAUDTS, K.; DOLMAN, H. Drought resistance increases from the individual to the ecosystem level in highly diverse Neotropical rainforest: A meta-analysis of leaf, tree and ecosystem responses to drought. *Biogeosciences*. 17, 2621–2645, 2020.

JERBI, A.; KALWAHALI-MUISSA, M.; KRYGIER, R.; JOHNSTON, C.; BLANK, M.; SARRAZIN, M.; BARNABÉ, S.; LAUR, J.; LABRECQUE, M.; BRERETON, N. J. B.; PITRE, F. E. Comparative wood anatomy, composition and saccharification yields of wastewater irrigated willow cultivars at three plantations in Canada and Northern Ireland, *Biomass Bioenergy*. 170, 106683. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106683>, 2023.

JOHANSEN, D. A. *Plant Microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book Co. Inc. 523, 1940.

KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. *Basic manual of methods in plant morphology*. EDUR, RJ, Brazil, 1997.

LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; VITÓRIA, A. P. Photosynthetic analyses of two native Atlantic Forest species in regenerative understory of eucalyptus plantation. *Brazilian J. Plant Physiol.* 24, 95-106, 2012.

LENS, F.; TIXIER, A.; COCHARD, H.; SPERRY, J. S.; JANSEN, S.; HERBETTE, S. Embolism resistance as a key mechanism to understand adaptive plant strategies. *Curr. Opin. Plant Biol.* 16, 287–292, 2013.

LEVENE, H. Robust Tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics, California, 1961.

LI, S.; LENS, F.; ESPINO, S.; KARIMI, Z.; KLEPSCH, M.; SCHENK, H. J.; SCHMITT, M.; SCHULDT, B.; JANSEN, S. Intervessel pit membrane thickness as a key determinant of embolism resistance in angiosperm xylem. *IAWA J.* 37, 152–171, 2016.

LIMA, T. R. A.; CARVALHO, E. C. D.; MARTINS, F. R.; OLIVEIRA, R. S.; MIRANDA, R. S.; MULLER, C. S.; PEREIRA, L.; BITTENCOURT, P. R. L.; SOBCZAK, J. C. M. S. M. Lignin composition is related to xylem embolism resistance and leaf retention time in trees in a tropical semiarid climate. *New Phytol.* 219, 1252–1262. DOI: 10.1111/nph.15211, 2018.

MARACAHIPES, L.; CARLUCCI, M. B.; LENZA, E.; MARIMON, B. S.; GUIMARÃES, F. A. G.; CIANCIARUSO, M. V. How to live in contrasting habitats? Acquisitive and conservative strategies emerge at inter- and intraspecific levels in savanna and forest woody plants. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 34, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2018.07.006>, 2018.

MCDOWELL, N.; POCKMAN, W. T.; ALLEN, C. D.; BRESHEARS, D. D.; COBB, N.; KOLB, T.; PLAUT, J.; SPERRY, J.; WEST, A.; WILLIAMS, D. G.; YEPEZ, E. A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytol.* 178, 719 – 739, 2008.

MEINZER, F. C.; CAMPANELLO, P. I.; DOMECH, J. C.; GATTI, M. G.; GOLDSTEIN, G.; VILLALOBOS-VEGA, R.; WOODRUFF, D. R. Constraints on physiological function associated with branch architecture and wood density in tropical forest trees. *Tree Physiol.* 28, 1609-1617, 2008.

MENCUCCINI, M.; ROSAS, T.; ROWLAND, L. *et al.* Leaf economics and plant hydraulics drive leaf: wood area ratios. *New Phytol.* 224, 1544–1556, 2019.

MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. *Conserv. Biol.* 19, 601-611. 2005.

MOESLUND, J. E.; ARGE, L.; BOCHER, P. K.; DALGAARD, T.; EJRNAES, R.; ODGAARD, M. V.; SVENNING, J. C. Topographically controlled soil moisture drives plant diversity patterns within grasslands. *Biodivers. Conserv.* 22, 2151– 2166, 2013.

MOMO, S. T.; PLOTON, P.; MARTIN-DUCUP, O. *et al.* Alavancando assinaturas de estratégias funcionais de plantas em perfis de densidade de madeira de árvores africanas para corrigir estimativas de massa a partir de dados de laser terrestre. *Sci Rep.* 10, 2001. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58733-w>, 2020.

MORRIS, H.; GILLINGHAM, M. A. F.; PLAVCOVÁ, L.; GLEASON, S. M.; OLSON, M. E.; COOMES, D. A.; FICHTLER, E.; KLEPSCH, M. M.; MARTÍNEZ-CABRERA, H. I.; MCGLINN, D. J.; WHEELER, E. A.; ZHENG, J.; ZIEMIŃSKA, K.; JANSEN, S. Vessel diameter is related to amount and spatial arrangement of axial parenchyma in woody angiosperms. *Plant Cell Environ*, 2018.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403, 853–8, 2000.

NARDINI, A.; SAVI, T.; TRIFILO, P.; GULLO, M. A. L. Drought stress and the recovery from xylem embolism in woody plants. *Prog. Bot.* 79, 197–231, 2017.

OLIVEIRA, C. C.; ZANDEVALLI, R. B.; LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. *Austral Ecol.* 40, 40–49, 2015.

PIERCE, S.; BRUSA, G.; VAGGE, I.; CERABOLINI, B. E. L. Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants. *Funct. Ecol.* 27, 1002–1010, 2013.

PIREDA, S.; OLIVEIRA, D. S.; BORGES, N. L.; FERREIRA, G. A.; BARROSO, L. M.; SIMIONI, P.; VITÓRIA, A. P.; DA CUNHA, M. Data on leaf structural, physiological and nutritional characteristics of species co-occurring in Restinga and Semideciduous Seasonal Forest ecosystems. *Data in Brief*. 30, 105484, 2020.

PLANO DE MANEJO RPPN CARUARA. IPF, Soluções Florestais. São João da Barra, RJ, Brasil, 2018.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/> (Accessed 10 January 2023), 2023.

RABELO, R. G.; VITÓRIA, A. P.; DA SILVA, M. V. A.; CRUZ, R. A.; PINHO, E. I. B.; RIBEIRO, D. R.; FREITAS, A. V.; DA CUNHA, M. Structural and ecophysiological adaptations to forest gaps. *Trees*. 27, 259–272, 2013.

RAMESHA, M. N.; LINK, R. M.; PALIGI, S. S.; HERTEL, D.; RÖLL, A.; HÖLSCHER, D.; SCHULDT, B. Variability in growth-determining hydraulic wood and leaf traits in *Melia dubia* across a steep water availability gradient in southern India. *For. Ecol. Manag.* 505, 119875. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119875>, 2022.

RASBAND, T. F. W. Image J. Documentation. Research Services Branch, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: <http://rsb.info.nih.gov/ij/docs/index.html> (accessed 09 November 2022), 2012.

REICH, P. B. The world-wide “fast-slow” plant economics spectrum: A traits manifesto. *J. Ecol.* 102, 275–301, 2014.

RÉJOU-MÉCHAIN, M.; MORTIER, F.; BASTIN, J. F. *et al.* Revealing the composition of the African rainforest and vulnerability to global change. *Nature*. 593, 90–94. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03483-6>, 2021.

REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect. Ecol. Conserv.* 16, 208–214, 2018.

RIBEIRO-JÚNIOR, N. G.; MARIMON-JÚNIOR, B. H.; MARIMON, B. S.; CRUZ, W. J. A.; SILVA, I. V.; GALBRAITH, D. R.; GLOOR, E.; PHILLIPS, O. L. Anatomical functional traits and hydraulic vulnerability of trees in different water conditions in southern Amazonia. *Am. J. Bot.* 110, 4. <https://doi.org/10.1002./ajb2.16146>, 2023.

RICARDO, M. H. A. Comparative anatomy of the wood of the species *Protium heptaphyllum* (aubl.) Marchand – Breu Branco (burseraceae) in a longitudinal gradient. Completion of Course Work (Bachelor of Science in Forestry). Brasília University, Brasília, Brazil, 2019.

RODRIGUES, P. J. F. P. The vegetation of the União Biological Reserve and the edge effects on the fragmented Atlantic Forest. Doctoral Thesis in Biosciences and Biotechnology - State University of North Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil, 2004.

RODRIGUEZ, D. R. O.; HEVIA, A.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; SANTINI, L.; CARVALHO, H. W. P.; ROIG, F. A.; TOMAZELLO-FILHO, M. Exploring wood anatomy, density and chemistry profiles to understand the tree-ring formation in Amazonian tree species, *Dendrochronologia*. 71, 125915. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125915>, 2022.

RUNGWATTANA, K.; HIETZ, P. Radial variation of wood functional traits reflect size related adaptations of tree mechanics and hydraulics. *Funct. Ecol.* 32, 260–272, 2017.

SASS, J. E. Botanical microtechnique. 2nd ed. Ames: The Iowa State College Press, pp. 391, 1951.

SCHNEIDER, L. C. A.; DA SILVA, M. T.; AGOSTINETTO, L.; SIEGLOCH, A. E. Deforestation in mixed ombrophilous forest in the serrana region of Santa Catarina. *Trees*. 42, 2018.

SCHOLZ, A.; KLEPSCH, M.; KARIMI, Z.; JANSEN, S. How to quantify conduits in 896 wood? *Front. Plant Sci.* 4, 1–11, 2013.

SCHUMANN, K.; LEUSCHNER, C.; SCHULDT, B. Xylem hydraulic safety and efficiency in relation to leaf and wood traits in three temperate *Acer* species differing in habitat preferences. *Trees*. 33, 1475–1490, 2019.

SECCHI, F.; PAGLIARANI, C.; ZWIENIECKI, M. A. The functional role of xylem parenchyma cells and aquaporins during recovery from severe water stress. *Plant Cell Environ.* 40, 858–871, 2017.

SERRA-MALUQUER, X.; GAZOL, A.; ANDEREGG, W. R. L.; VILALTA, J. M. Wood density and hydraulic traits influence species' growth response to drought across biomes. *Glob. Chang. Biol.* 6, 28. DOI:10.1111/gcb.16123, 2022.

SHAPIRO, S. S. & WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52, 591-611, 1965.

SILVA, G. & NASCIMENTO, M. T. Phytosociology of a forest remnant on trays in the north of the State of Rio de Janeiro (Forest of Carvão). *Brazilian J. Bot.* 24, 51-62, 2001.

SILVA, M. S.; APGAUA, D. M. G.; SILVA, C. C. S.; SILVA, L. B.; TNG, D. Y. P. Expanding the wood anatomy economics spectrum: the correlates of vessel element lengths and pit apertures sizes in tropical forest trees. *Plant Ecol. Divers.* 14, 279-291. DOI: 10.1080/17550874.2022.2053600, 2021.

SIMIONI, P.; CAMPBELL, G.; PINTO, V. D.; CASTELAR, J. V. S.; PESSOA, M. J. G.; DA SILVA, I. V. Do anatomical wood traits suggest adjustments in the hydraulic architecture of dominant species in Amazonian savannah? *Plant Biosyst.* 1-12, 2020.

SIMIONI, P. F.; EMÍLIO, T.; GILES, A. L.; FREITAS, G. V.; OLIVEIRA, R. S.; SETIME, L.; VITORIA, A. P.; PIREDÁ, S.; SILVA, I. V.; DA CUNHA, M. Anatomical traits related to leaf and branch hydraulic functioning on Amazonian savanna plants. *AoB Plants*. 15, 3. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plad018>, 2023.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, A. D.; WATERLOO, M. J.; OLIVEIRA, S. The water balance of an Amazonian micro-catchment: the effect of interannual variability of rainfall on hydrological behavior. *Hydrol Process.* 22, 2133-2147. DOI: 10.1002/hyp.6813, 2008.

TYREE, M. T. & ZIMMERMANN, M. H. Hydraulic Architecture of Whole Plants and Plant Performance. In: *Xylem Structure and the Ascent of Sap*. Springer Series in Wood Science. Berlin, Heidelberg: Springer, 284, 2002.

VILLELA, D. M.; NASCIMENTO, M. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; GAMA, D. M. Effect of selective logging on forest structure and cycling in seasonally dry Brazilian forest. *J. Biog.* 33, 506-516, 2006.

WEINZETTEL, J.; VACKÁR, D.; MEDKOVÁ, H. Human footprint in biodiversity hotspots. *Front. Ecol. Environ.* 16, 447–452. DOI: 10.1002/fee.1825, 2018.

WILLIAMSON, G. B. & WIEMANN, M. C. Measuring wood specific gravity... correctly. *Am. J. Bot.* 97, 519-524, 2010.

ZACHOS, F. & HABEL, J. Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas. Springer–Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.

ZIEMINSKA, K.; BUTLER, D. W.; GLEASON, S. M.; WRIGHT, I. J.; WESTOBY, M. Fibre wall and lumen fractions drive wood density variation across 24 Australian angiosperms. *AoB Plants.* 5, 46, 2013.