



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

Renata Cesar

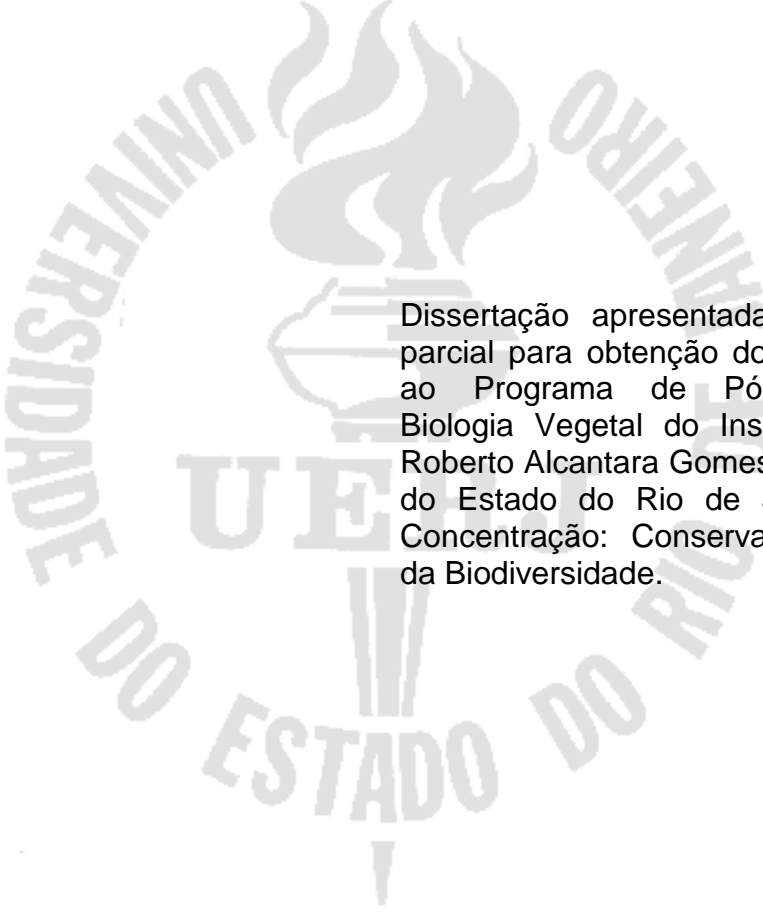
**Anatomia do lenho de espécies da subfamília Ixoroideae  
(Rubiaceae) do Parque Estadual da Ilha Grande, Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2015

Renata Cesar

**Anatomia do lenho de espécies da Subfamília Ixoroideae (Rubiaceae) do  
Parque Estadual da Ilha Grande, Rio de Janeiro**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Conservação e Utilização da Biodiversidade.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Henriques Callado

Rio de Janeiro

2015

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

C421 Cesar, Renata.  
Anatomia do Lenho de espécies da subfamília Ixoroideae (Rubiaceae)  
do Parque Estadual da Ilha Grande, Rio de Janeiro / \ Renata Cesar.- 2015.  
77 f.: il.

Orientadora: Cátia Henriques Callado.  
Dissertação(Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do  
Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes.  
Inclui bibliografia.

1. Madeira - Ilha Grande, Baía da (RJ) - Teses. 2. Madeira - Anatomia  
- Teses. 3. Plantas lenhosas - Teses.. 4. Mata Atlântica - Teses. I. Callado,  
Cátia Henriques.II.Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de  
Biologia Roberto Alcantara Gomes. III. Título.

CDU 581.4 (815.3)

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

---

Assinatura

---

Data

Renata Cesar

**Anatomia do lenho de espécies da Subfamília Ixoroideae (Rubiaceae) do  
Parque Estadual da Ilha Grande, Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Conservação e Utilização da Biodiversidade.

Aprovada em 23 de março de 2015.

Orientadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Henriques Callado  
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Banca Examinadora:

---

Prof. Dra. Cláudia Franca Barros  
Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

---

Prof. Dra. Maura Da Cunha  
Universidade Estadual do Norte Fluminense

---

Prof. Dra. Cecília Gonçalves Costa  
Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2015

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora Cátia Henriques Callado pela paciência, dedicação, carinho, confiança, por todo ensinamento e por ter me mostrado a “luz” durante toda a realização deste trabalho;

Ao professor Sebastião José da Silva Neto pela identificação das espécies coletadas, coletas, registro no herbário e pela disponibilidade de ajuda em todas as etapas;

À professora Maura Da Cunha pelas sugestões, correções e por ter me recebido na UENF sempre de braços abertos.

Aos técnicos de laboratório Jeanne Alexandre Teixeira Glória (LAV), Márcia (UENF) e Isaac Albert Mallet (Laboratório de Química) pelos ensinamentos e realizações de várias etapas;

Aos amigos Carla Y’ Gubáu Manão, Lilian Prado Gomes da Rosa, Marcelo Fraga Castilhori e Marcelo Vianna pela localização das espécies, coletas realizadas, identificação, construção da chave e por toda ajuda oferecida sempre com muito carinho.

À amiga Kelly Cristina Moreira dos Santos pelos campos realizados, explicações, dúvidas esclarecidas e pela paciência;

À amiga Maxmira de Souza Arêdes-dos-Reis por ter feito a caminhada comigo durante toda a realização do mestrado e por ter me ajudado em várias etapas deste trabalho;

À amiga Thaís Jorge Vasconcelos pela ajuda oferecida, esclarecimento de dúvidas e pelos momentos de descontração;

Ao Warlen Costa, Bruna Nunes de Luna e Kathlyn Gevú na ajuda das análises estatísticas e na tentativa da construção cladística. Muito obrigada pela paciência, disponibilidade e pelos momentos de descontração!

Ao amigo Daniel Leal por toda a amizade durante toda a minha formação desde a graduação.

À professora Maria Alice Mariano por me iniciar na botânica;

A toda equipe do LAV pela amizade, companheirismo e pela descontração;

A minha família (Daniella Cesar, Fernando Cesar e Manuel Cesar) e amigos pela compreensão da ausência e pela compreensão nas horas de estresse;

Ao auxiliar de campo Paulo Almeida de Jesus pelas coletas realizadas;

Ao auxiliar de campo Walter da Silva (Sr Waltinho), meus mais sinceros agradecimentos. Por sua participação desde o início deste trabalho, sempre com muita boa vontade de que tudo desse certo e por toda a sua sabedoria no campo, sendo fundamental para a realização deste trabalho;

Ao Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS), por dispor sua estrutura, aos seus funcionários, pelo auxílio logístico que foi de fundamental importância para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das Bolsas de Estudo (Mestrado);

Ao INEA pela concessão das autorizações de coleta;

A todos, enfim, muito obrigada pelo carinho e boa vontade!

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,  
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível.

*Charles Chaplin*

## RESUMO

CESAR, Renata. **Anatomia do Lenho de espécies da subfamília Ixoroideae (Rubiaceae) do Parque Estadual da Ilha Grande, Rio de Janeiro.** 2015. 76f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, 2015.

Os estudos anatômicos do lenho são frequentemente aplicados à solução de questões taxonômicas, filogenéticas e evolutivas, visto que este tecido apresenta uma tendência mais conservadora e, conseqüentemente, menor plasticidade. Este trabalho tem por objetivo o estudo da estrutura anatômica do lenho de oito espécies arbustiva-arbóreas da subfamília Ixoroideae ocorrente no Parque Estadual da Ilha Grande, Angra dos Reis-RJ, visando contribuir com subsídios à identificação local das espécies e à taxonomia e filogenia da subfamília Ixoroideae e da família Rubiaceae. O estudo foi desenvolvido em um importante remanescente do bioma Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. O material botânico foi coletado por métodos não destrutivo, as amostras foram processadas segundo técnicas usuais em anatomia da madeira e as análises e descrições seguiram as recomendações da COPANT (1973) e IAWA Committee (1989). Os resultados demonstraram que as oito espécies estudadas apresentam características qualitativas diagnósticas que permitiram segregar as espécies e construir uma chave de identificação com base na presença ou ausência de inclusões inorgânicas, paredes celulares disjuntivas, células envolventes nos raios e no tipo de parênquima axial. As análises estatísticas realizadas sustentaram o agrupamento das espécies estudadas na subfamília Ixoroideae, porém não foi possível o agrupamento em nível das tribos às quais estas espécies estão subordinadas. Os resultados indicaram ainda a necessidade de reanálise das árvores filogenéticas hipotéticas propostas para subfamília Ixoroideae, com base nos tipos de lenho, de inclusões minerais e de parênquima axial. Cabe ainda destacar que os resultados obtidos corroboraram a importância da anatomia do lenho para a identificação de espécies de difícil reconhecimento na família Rubiaceae. Esses dados são úteis especialmente na ausência de material reprodutivo, o que representa importante aspecto para o gerenciamento e manejo das espécies nativas da Unidade de Conservação onde este estudo foi realizado.

Palavras-chave: Anatomia da Madeira. Anatomia taxonômica. Mata Atlântica. Rubiaceae. Ixoroideae.



## ABSTRACT

CESAR, Renata. **Anatomy of Lenho of subfamily species Ixoroideae (Rubiaceae) State Park Da Ilha Grande, Rio de Janeiro.** 2015. 77f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, 2015.

Anatomical studies of wood are often applied to the solution of taxonomic, phylogenetic and evolutionary questions as this fabric features a more conservative trend and therefore less plasticity. This work aims to study the anatomic structure of the log eight shrub-tree species subfamily Ixoroideae occurring in the State Park of Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, aiming to contribute subsidies to local species identification and taxonomy and phylogeny of subfamily Ixoroideae and Rubiaceae. The study was conducted in an important remnant of the Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. The botanical material was collected by non-destructive methods, the samples were processed according to standard techniques in wood anatomy and analyzes and descriptions followed the recommendations of COPANT (1973) and IAWA Committee (1989). The results show that the eight species have diagnostic qualitative characteristics that allow species secrete and build an identification key based on the presence or absence of inorganic inclusions disjunctive sheath cells and cell walls in the spokes and the type of axial parenchyma. The statistical analysis supported the grouping of the species in the subfamily Ixoroideae, it was not possible in the grouping level of the tribes to which these species are subject. The results also indicated the need for review of phylogenetic trees hypothetical proposals for Ixoroideae subfamily, based on the types of wood, mineral inclusions and axial parenchyma. It is worth noting that the results confirmed the importance of the anatomy of wood for identifying species difficult to identify in the Atlantic Forest remnants of the State of Rio de Janeiro, especially when devoid of reproductive material, which is important aspect for the management and management of native species of conservation area where this study was conducted.

Keywords: Wood Anatomy. Anatomy Taxonomy. Atlantic Forest. Rubiaceae. Ixoroideae.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Fitofisionomias da Mata Atlântica.....	13
Figura 2 -	Mapa de localização da Ilha Grande .....	14
Figura 3 -	Vista aérea da vertente sudeste da Ilha Grande.....	15
Figura 4 -	Distribuição geográfica da família Rubiaceae.....	16
Figura 5 -	Árvore filogenética hipotética da família Rubiaceae.....	18
Figura 6 -	Árvore filogenética hipotética da subfamília Ixoroideae com base no tipo de madeira estabelecido por Koek-Noorman 1977.....	23
Figura 7 -	Árvore hipotética da subfamília Ixoroideae com base nos tipos de inclusões minerais .....	24
Figura 8 -	Árvore hipotética da subfamília Ixoroideae com base nos tipos de parênquima .....	25
Figura 9 -	Limites fitofisionômicos da Ilha Grande .....	28
Figura 10-	Anatomia do lenho de <i>Aseis floribunda</i> Schott.....	33
Figura 11-	Anatomia do lenho de <i>Bathysa stipulata</i> (Vell.) C. Presl.....	35
Figura 12-	Anatomia do lenho de <i>Rustia formosa</i> (Cham. & Schltl. ex DC.) Klotzsch .....	37
Figura 13-	Inclusões inorgânicas de <i>Rustia formosa</i> (Cham. & Schltl. ex DC.) Klotzsch.....	38
Figura 14-	Anatomia do lenho de <i>Simira glaziovii</i> (K. Schum.) Steyer.....	40
Figura 15-	Inclusões inorgânicas de <i>Simira glaziovii</i> (K. Schum.) Steyer....	41
Figura 16-	Anatomia do lenho de <i>Amaioua guianensis</i> Aubl. ....	43
Figura 17-	Anatomia do lenho de <i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze.....	45
Figura 18-	Inclusões inorgânicas de <i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze.....	46
Figura 19-	Anatomia do lenho de <i>Randia armata</i> (Sw.) DC. ....	48
Figura 20-	Inclusões inorgânicas de <i>Randia armata</i> (Sw.) DC.....	49
Figura 21-	Anatomia do lenho de <i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.....	51
Figura 22-	Dendrograma .....	57
Figura 23-	Análise dos componentes principais .....	58

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	26
1.1	<b>Objetivo geral</b> .....	26
1.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	26
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	27
2.1	<u>Área de estudo</u> .....	27
2.2	<u>Espécies estudadas</u> .....	27
2.3	<u>Obtenção das amostras</u> .....	27
2.4	<u>Processamento das amostras</u> .....	30
2.5	<u>Microscopia eletrônica de varredura</u> .....	31
2.6	<u>Análise de agrupamento</u> .....	31
3	<b>RESULTADOS</b> .....	32
3.1	<b>Descrição Anatômica do Lenho</b> .....	32
3.1.1	<u>Tribo Condamineeae</u> .....	32
3.1.1.1	<u><i>Alseis floribunda Schott</i></u> .....	32
3.1.1.2	<u><i>Bathysa stipulata (Vell.) C. Presl</i></u> .....	34
3.1.1.3	<u><i>Rustia formosa (Cham. &amp; Schldl. ex DC.) Klotzsch</i></u> .....	36
3.1.1.4	<u><i>Simira glaziovii (K. Schum.) Steyerm.</i></u> .....	39
3.1.2	<u>Tribo Gardenieae</u> .....	42
3.1.2.1	<u><i>Amaioua guianensis Aubl.</i></u> .....	42
3.1.2.2	<u><i>Cordia concolor (Cham.) Kuntze</i></u> .....	44
3.1.2.3	<u><i>Randia armata. (Sw.) DC.</i></u> .....	47
3.1.3	<u>Tribo Posoquerieae</u> .....	50
3.1.3.1	<u><i>Posoqueria latifolia (Rudge) Schult.</i></u> .....	50
3.2	<b>Análise agrupamento e PCA</b> .....	56
3.3	<b>Chave de identificação</b> .....	62
4	<b>DISCUSSÃO</b> .....	66
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	68
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70

## INTRODUÇÃO

### Bioma Mata Atlântica

As florestas tropicais são conhecidas por sua alta biodiversidade (BRIGGS 1996), possuindo os biomas mais ricos e diversos do planeta e apresentando uma complexidade estrutural que favorece a existência de muitos nichos ecológicos (MANTOVANI 2003).

O Brasil se destaca com uma expressiva diversidade de Biomas devido à sua grande área física, onde ocorrem solos e climas muito distintos entre si (LEITÃO FILHO 1987). Dentre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica é a formação florestal mais antiga (Fig.1), estabelecida há pelo menos 70 milhões de anos (LEITÃO FILHO 1987). Este bioma é considerado de importância prioritária para conservação biológica (DÁRIO & ALMEIDA 2000), devido às altas taxas de endemismo, riqueza, diversidade e ao seu nível de ameaça. Estas características colocam a Mata Atlântica entre as cinco primeiras áreas consideradas *hotspots* mundiais (MYERS *et al.*, 2000). A Mata Atlântica é um dos biomas menos conhecidos cientificamente do planeta e sua conservação-recuperação é um grande desafio para os especialistas (GIULIETTI *et al.*, 1997; GUEDES-BRUNI & LIMA, 1997; QUINET *et al.*, 2000).

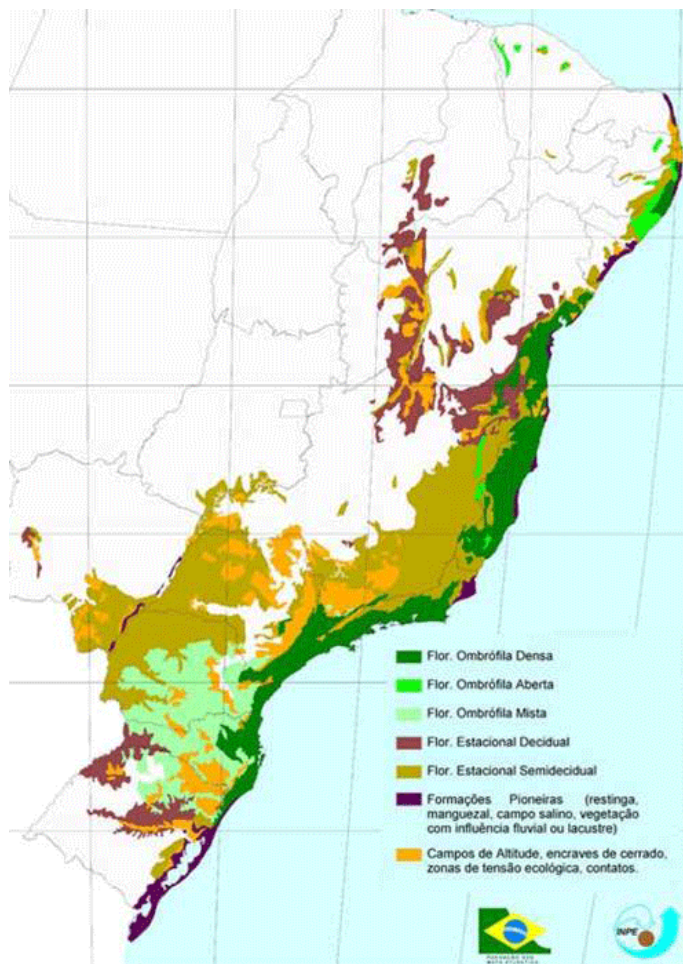
De modo geral, seus remanescentes possuem áreas muito reduzidas (GASCON *et al.*, 2000; CEZAR RIBEIRO *et al.*, 2009) e, por vezes degradadas, devido à extração de madeira ilegal, coleta de plantas e produtos vegetais diversos e invasão por espécies exóticas (GALETTI & FERNANDEZ, 1998; TABARELLI *et al.*, 2004). A Mata Atlântica corresponde a aproximadamente 13% do território nacional e se distribui principalmente ao longo da costa litorânea (<http://www.ibflorestas.org.br>).

A importância da Mata Atlântica no Rio de Janeiro é aferida pela alta diversidade de espécies da flora e fauna, por ser corredor biológico das Serras do Mar e da Mantiqueira e conter centros de endemismo (GIULIETTI *et al.*, 1997; GUEDES-BRUNI & LIMA, 1997; BERGALO *et al.*, 2009; CALLADO *et al.*, 2009).

A alta diversidade florística reconhecida para Mata Atlântica está relacionada, também, a uma alta diversidade em estratégias de colonização, ajustes biológicos e formas de desenvolvimento das espécies (CALLADO, 2010).

Estes aspectos devem, portanto, ser tratados em toda a sua amplitude para contemplar objetivos que integrem conhecimento e conservação (CALLADO, 2010), reforçando a urgência da realização de pesquisas voltadas ao conhecimento de suas espécies nativas.

Figura 1- Fitofisionomias da Mata Atlântica.



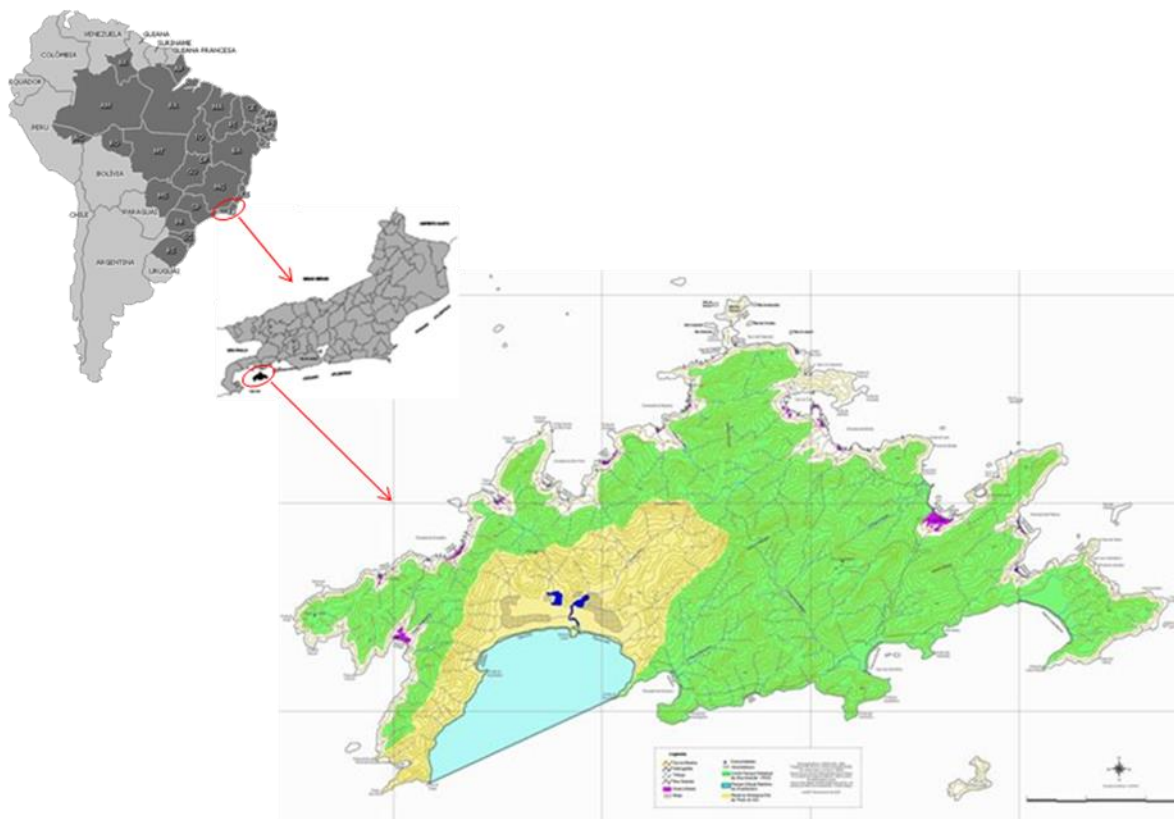
Legenda: Bioma Mata Atlântica

[www.rbma.org.br](http://www.rbma.org.br) (Acesso: em Jan. 2012).

## Ilha Grande

A Ilha Grande (Fig. 2) está situada no município de Angra dos Reis, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, sob as coordenadas geográficas: 23°5' 23°14' S e 44°5' 44°23' W. É a terceira maior Ilha do território brasileiro e compreende um dos maiores fragmentos da Mata Atlântica do Estado (CALLADO *et al.*, 2009).

Figura 2 - Localização da Ilha Grande no estado do Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: Em verde o Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG).

A flora da Ilha Grande (Fig. 3) apresenta um diversificado conjunto de formações vegetais associadas e inseridas no domínio da Floresta Pluvial Tropical Atlântica, segundo a classificação de VELOSO e colaboradores (1991). Em sua composição predomina a Floresta Ombrófila Densa (montana e submontana) e, em menor proporção, as áreas de formação pioneira de influência marinha (restinga) e fluviomarinha (mata alagadiça e manguezal) e os afloramentos rochosos, que estão presentes em todas as enseadas da Ilha (OLIVEIRA & COELHO NETTO 2000; CALLADO *et al.*, 2009).



Figura 3 - Vista Aérea da Ilha Grande



Legenda: Vista aérea da vertente sudeste da Ilha Grande, ao longo do gradiente Floresta Ombófila Densa montana e submontana e restinga. Imagem de Cátia Henriques Callado (junho/2013).

### **Família Rubiaceae**

A família Rubiaceae apresenta ampla distribuição geográfica (Fig. 4) (ROBBRECHT, 1988), porém está mais bem representada nas regiões tropicais (SILVA NETO, 2006), com aproximadamente 650 gêneros e 13.000 espécies (BREMER & ERIKSSON 2009). No Brasil, apresenta cerca de 130 gêneros e 1.500 espécies (STEHMANN 2008), que ocorrem em seus diferentes biomas (DELPRETE 1999). A família destaca-se, também, pelo valor histórico e econômico de inúmeras espécies (ANDREASEN & BREMER, 2000; BREMER & ERIKSSON, 2009).

Estudos filogenéticos têm mostrado que a família Rubiaceae é um grupo monofilético (JUDD *et al.*, 1999) que faz parte da ordem Gentianales (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 1998). Os resultados obtidos com a aplicação de marcadores moleculares sustentam a divisão da família em três subfamílias: Rubioideae, Cinchonoideae e Ixoroideae (BREMER *et al.*, 1995; ROVA *et al.*, 1997, JANSEN *et al.*, 1997, 1999, 2002; LENS *et al.*, 2000 ). Todavia, a definição e posição das tribos nestas subfamílias ainda têm sido objeto de constantes revisões taxonômicas (BREMER *et al.*, 1995; ROVA *et al.*, 1997;

JANSEN *et al.*, 1997; 2001; 2002; BREMER *et al.*, 1999; ANDREASEN & BREMER, 2000; LENS *et al.*, 2000, PIESSCHAERT *et al.*, 2000; DESSEIN *et al.*, 2001; ROVA *et al.*, 2002; DELPRETE *et al.*, 2012; KAINULAINEN *et al.*, 2013).

Figura 4 - Distribuição geográfica



Legenda: Distribuição geográfica da Família Rubiaceae.

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>. Acesso em 25/02/2014

A família é muito diversa com formas de vida que vão desde pequenas herbáceas, ervas daninha a grandes árvores; com flores adaptadas a uma ampla gama de polinizadores; com frutos de diferentes tipos e variados mecanismos de dispersão, além de uma alta gama de substâncias químicas acumuladas (DELPRETE *et al.*, 2012).

### Subfamília Ixoroideaei

Ixoroideae compreende 24 tribos, cinco das quais foram descritas recentemente: Tribos *Airospermeae*, *Augusteae*, *Scyphiphoreae*, *Trailliaedoxeae* e *Steenisieae* (KAINULAINEN *et al.*, 2013). No Brasil está representado pelas tribos: *Condamineae*, *Posoquerieae*, *Henriquezieae*, *Sipaneeae*, *Sabiceae*, *Retiniphyllae*, *Ixoreae*, *Bertiereae* e *Gardenieae* (DELPRETE *et al.*, 2012). Esta subfamília reúne cerca de um quinto das espécies de Rubiaceae, que estão subordinadas a quase 150 gêneros (ROBBRECHT, 1988). Dois dos gêneros de Rubiaceae mais conhecidos são membros da subfamília Ixoroideae: *Coffea* L. e

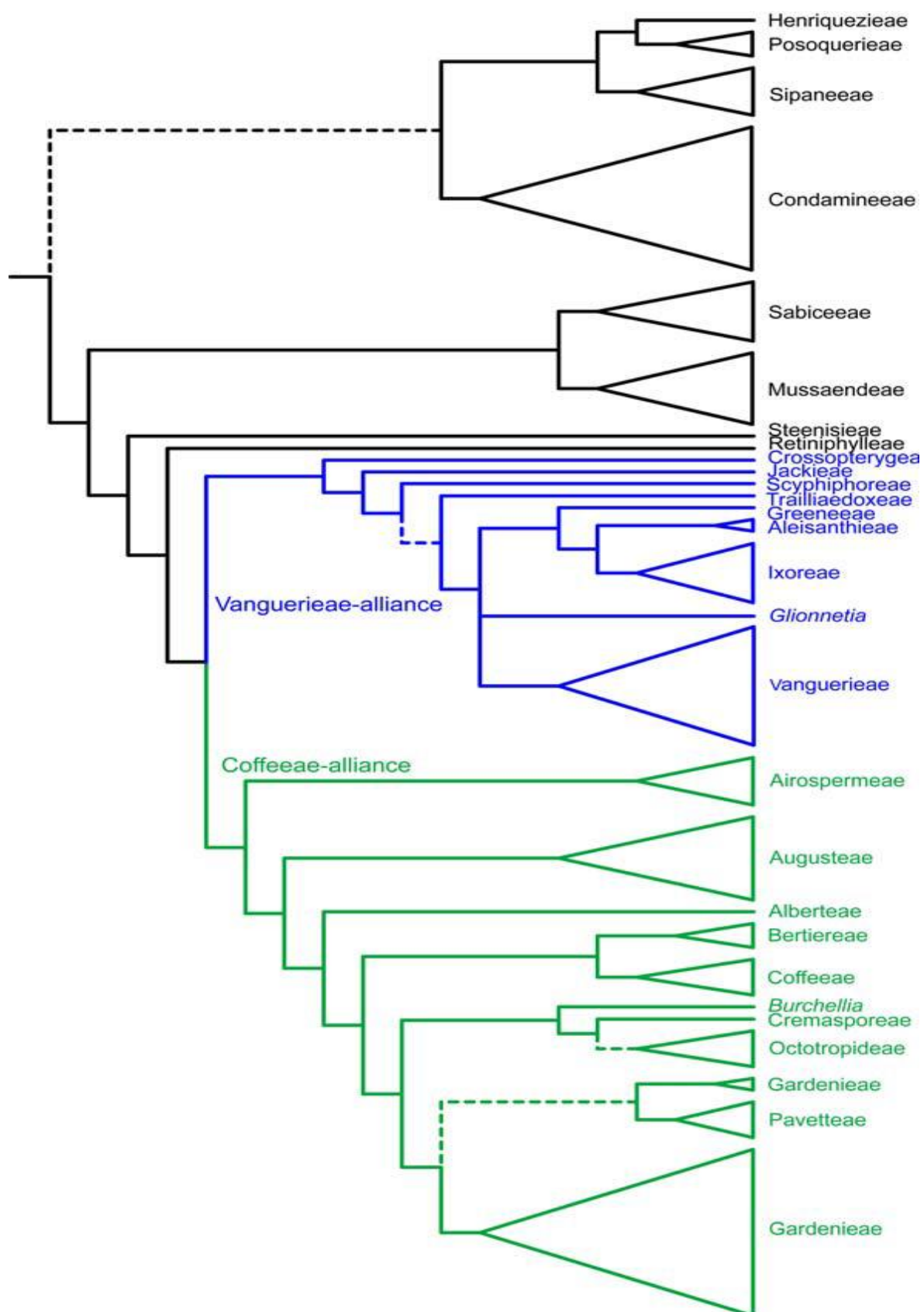


*Gardenia* J. Ellis, cultivados pelo valor alimentar e ornamental, respectivamente (ANDREASEN & BREMER, 2000).

A subfamília apresenta distribuição pantropical e pansubtropical (BREMER & ERIKSSON, 2009) e suas espécies possuem hábito herbáceo, arbustivo, arbóreo ou lianescente. Morfologicamente, são caracterizadas por apresentarem estípulas inteiras, raramente bífidas; prefloração da corola contorta; placentas com numerosos óvulos, raramente um único óvulo, em cada lóculo; frutos carnosos, geralmente, com sementes numerosas (raramente uma), às vezes imersas em polpa; e não apresentam cristais na forma de ráfides (SILVA NETO, 2006).

Embora o suporte molecular para a subfamília Ixoroideae seja forte, morfologicamente seus representantes são diversos e não são facilmente caracterizados (Fig.:5) (KAINULAINEN *et al.*, 2013). Em particular, Condamineae e Henriquezieae contêm gêneros que não são morfologicamente bem definidos (ROGERS, 1984;. KAINULAINEN *et al.*, 2010), alguns dos quais, até mesmo, classificados fora da família Rubiaceae, como por exemplo: *Dialypetalanthus* Kuhl. em Dialypetalanthaceae e *Henriquezia* Spruce ex Benth. e *Platycarpum* Humb. & Bonpl. em Henriqueziaceae (KAINULAINEN *et al.*, 2013). As relações filogenéticas e novas delimitações em nível de tribo na subfamília, considera a existência da subfamília Ixoroideae em duas linhagens bem definidas Coffeae e Vanguerieae, e uma série composta pelas tribos Condamineae, Henriquezieae, Mussaendeae, Posoquerieae, Retiniphyllae, Sabiceae, Sipaneeae e Steenisieae (KAINULAINEN *et al.*, 2013).

Figura 5 - Cladograma



Legenda: A hipótese filogenética de Ixoroideae, mostrando os principais clados da subfamília. Clados tracejados são mal suportados (KAINULAINEM *et al.*, 2010).

## Anatomia da madeira

Durante a última metade do século XX, o valor da anatomia da madeira e a evolução dos elementos de vaso, em particular, têm sido firmemente constatados no estudo da filogenia e classificação das Angiospermas (DICKISON 2000; GEVÚ *et al.*, 2013). BARRETA-KUIPERS (1981) já enfatizava a importância dos estudos anatômicos do lenho visando à solução de questões taxonômicas e evolutivas, visto que o lenho apresenta uma tendência mais conservadora e uma menor plasticidade, em relação aos caracteres morfológicos externos.

A anatomia do lenho com enfoque taxonômico é utilizada por vários sistemas de classificação, dentre os quais, destacam-se os de TAKHTAJAN (1980), GLEASON & CRONQUIST (1968); CRONQUIST (1988), que aplicam os caracteres anatômicos como complemento ao estudo da taxonomia e filogenia de plantas lenhosas. A importância do estudo anatômico como fonte de dados para a identificação e classificação das plantas é consagrada na literatura e na identificação botânica de espécies arbórea produtoras de madeira e, em especial, do material comercial desprovido de parte reprodutiva (METCALFE & CHALK 1985; CORADIN, 2003).

O estudo anatômico do lenho é, também, de comprovada relevância para o reconhecimento das espécies lenhosas e para a elaboração de chaves em trabalhos de determinação, sendo extremamente útil no preparo de inventários florísticos e fitossociológicos, nos quais cerca de 70% do material botânico é amostrado estéril ou incompleto (FEDALTO *et al.*, 1989). Os trabalhos que associam a anatomia da madeira e os levantamentos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro (BARROS *et al.*, 1997, 2001, 2008), demonstram a sua eficiência, porém, ainda são escassos, considerando a alta diversidade de espécies apresentada pelo Bioma.

A anatomia sistemática da madeira na família Rubiaceae tem demonstrado claramente o valor taxonômico do lenho para a segregação dos táxons (Fig.: 6) (KOEK- NOORMAN, 1969 a, b; KOEK-NOORMAN & HOGEWEG, 1974; KOEK-NOORMAN & PUFF, 1983, 1991; ROGERS, 1981, 1984; JANSEN *et al.*, 2001, 2002; LENS *et al.*, 2000; CALLADO *et al.*, 2001). A família é caracterizada por apresentar:

- anéis de crescimento distintos ou indistintos, em geral demarcados por achatamento radial das paredes das fibras, algumas vezes acompanhado por diferenças na frequência dos elementos de vaso, diâmetro dos mesmos e/ou presença de parênquima marginal.

- porosidade difusa, raramente madeira semi-porosa, com vasos em arranjo radial, mas em algumas espécies arranjos tangenciais irregulares ou faixas concêntricas. De modo geral observa-se a presença de vasos solitários em associação com múltiplos de 2-3 elementos, mas podem ser exclusivamente solitários, ou em agrupamento de 2 a 4 elementos ou, ainda com mais de 4 elementos de vaso. O contorno dos vasos apresenta forma de circular a oval, mas podem ser angular em numerosos táxons. Placas de perfuração simples é o tipo mais comum, reticulares, escalariformes ou malformadas podem estar ocasionalmente presentes. Placas de perfuração escalariformes são comuns em alguns representantes da família, e em alguns gêneros ocorrem placas de perfuração mistas. As pontoações intervasculares são geralmente alternas, às vezes poligonal, diminutas ( $\leq 4 \mu\text{m}$ ) ou pequenas (4-7  $\mu\text{m}$ ), e raramente apresentam mais que 7  $\mu\text{m}$ . As pontoações ornamentadas são constantemente presentes, mas, por vezes, difícil de determinar em microscopia óptica. As pontoações raiovasculares são semelhantes às pontoações intervasculares em tamanho e forma em todas as células do raio. Os elementos de vasos normalmente apresentam diâmetros estreitos (50-100  $\mu\text{m}$ ) ou muito estreitos (<50  $\mu\text{m}$ ), médios (100-200  $\mu\text{m}$  - especialmente em grandes árvores) e, raramente, muito grandes (> 200  $\mu\text{m}$ ). A frequência de vasos por  $\text{mm}^2$  varia de numerosos (40-100 vasos/ $\text{mm}^2$ ) a muito numerosos (>100/ $\text{mm}^2$ ) e, raramente, é inferior a 40 vasos/ $\text{mm}^2$ . Os elementos dos vasos são geralmente de comprimento médio (800  $\mu\text{m}$ ), mas, por vezes, podem ser longos (> 800  $\mu\text{m}$ ). Tilos são encontrados em vários gêneros, e depósitos de gomas são comuns e abundantes.

- fibras com pontoações simples e diminutas, com <3  $\mu\text{m}$  de diâmetro, ou distintamente areolada com  $\geq 3 \mu\text{m}$  de diâmetro. Fibras septadas estão presentes em cerca de 25% dos gêneros. A espessura da parede das fibras é geralmente de delgada a espessa, mas podem apresentar paredes espessas, onde o lúmen da fibra é quase imperceptível. As fibras geralmente possuem comprimento médio de

(900-1600  $\mu\text{m}$ ), mas por vezes podem ser mais curtas (<900  $\mu\text{m}$ ) ou mais longas (> 1600  $\mu\text{m}$ ).

- parênquima axial ausente ou extremamente raro. A ausência de parênquima axial é característica de espécies com fibras septadas, embora haja algumas exceções (Fig.: 8). O parênquima apotraqueal geralmente está presente na forma difusa ou difusa em agregados, com tendências a formar linhas unisseriadas curtas. O parênquima paratraqueal é escasso, podendo estar presente em alguns gêneros com fibras septadas ou fibras não septadas. O parênquima aliforme e confluyente é relatado para poucas tribos. Parênquima em faixas é incomum em Rubiaceae. Quando presente, o parênquima axial é formado normalmente por séries de 8 ou mais células, mas algumas vezes por 4 células.

Os raios são geralmente estreitos, com 2 a 3 células de largura e com longas margens unisseriadas. Raios exclusivamente unisseriados ou bisseriados ocasionais ocorrem em diversos gêneros e raios com 8 a 10 células de largura também podem ser observados. Raios verticalmente fusionados são muito comuns. Os raios geralmente são muito altos, com mais de 1 mm. Raios heterogêneos são os mais comuns, com longas margens de células eretas/quadradas. Raios inteiramente compostos por células eretas/quadradas ou raios com 1 a 2 fileiras de células eretas/quadradas são muito frequentes. Raios de 4 ou mais células de largura são geralmente compostos por células procumbentes no corpo e menos de 4 fileiras marginais de células eretas/quadradas. Células envolventes são comuns em raios que possuem  $\geq 4$  células de largura. Essas células podem formar uma bainha completa ou incompleta em torno das células dos raios multisseriados. As células perfuradas de raio são comuns na família. Suas placas de perfuração podem ser simples, escalariforme, reticulada ou irregular, e às vezes ornamentadas. Células disjuntivas de raio são comuns em várias tribos da família. Em cerca de 70% dos gêneros os raios ocorrem em uma frequência de mais de 12 raios por  $\text{mm}^2$ , porém algumas espécies podem ter 20 ou mais raios por  $\text{mm}^2$ .

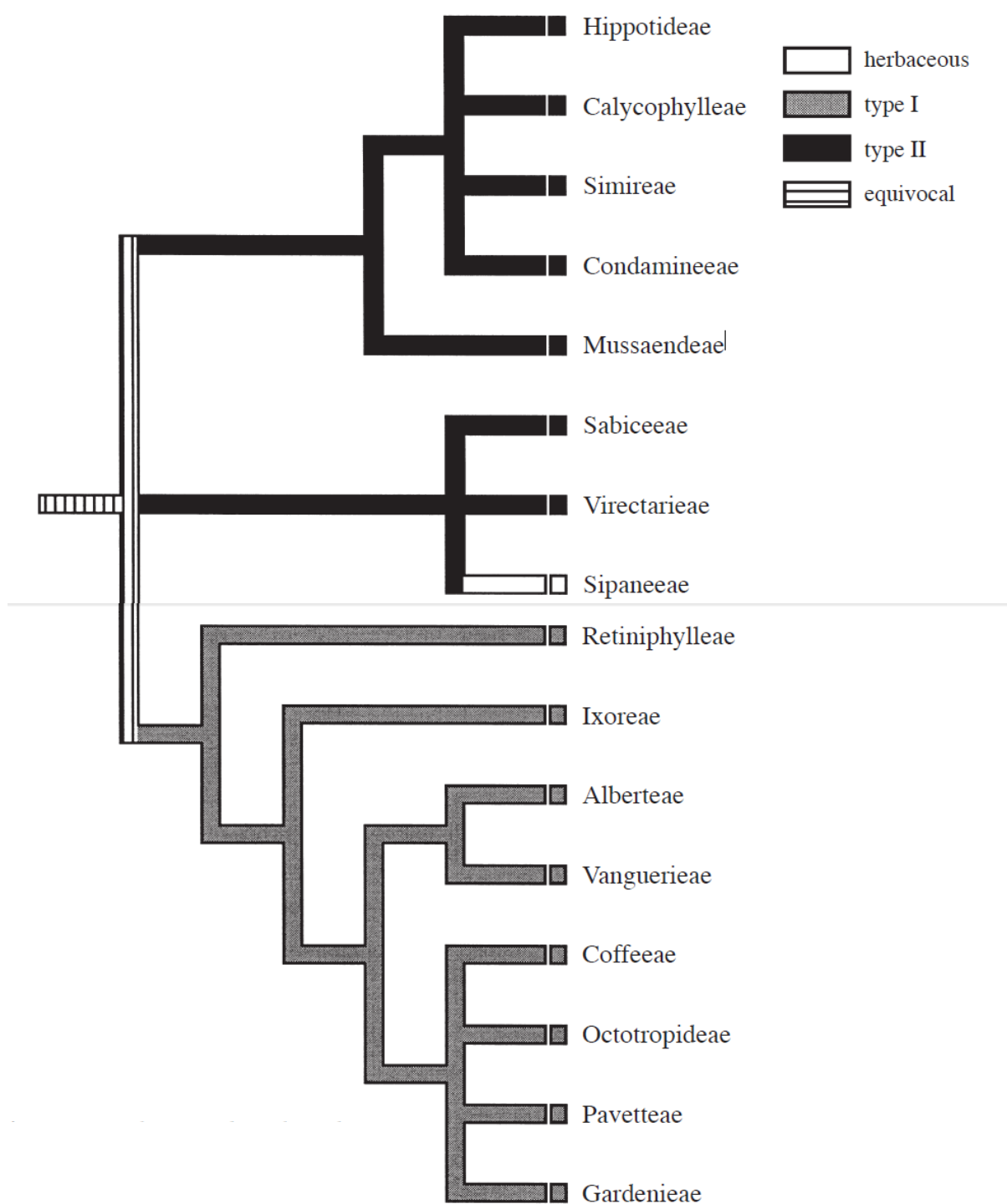
- Inclusões inorgânicas de cálcio ou sílica são observadas em vários táxons da família. Cristais em forma de ráfides são frequentemente encontrados em Rubioideae e nas tribos Hillieae e Hamelieae de Cinchonoideae, sejam em células do parênquima axial ou radial, por vezes, em células alongadas. Cristais prismáticos solitários nas células dos raios são observados em Coffeae,

Gardenieae e Octotropideae (Fig.: 7). Eles são mais frequentemente encontrados nas células eretas/quadradas dos raios. Cristais prismáticos também ocorrem em células do parênquima axial de algumas espécies. Areia cristalina é comum em células do parênquima, principalmente dos raios, nas subfamílias Ixoroideae e ocorre, em menor frequência na subfamília Cinchonoideae. Corpos silicosos são relatados apenas para subfamília Cinchonoideae (METCALFE & CHLAK, 1950, JANSEN *et al.*, 2002).

Para o Brasil, os estudos de anatomia da madeira (BARROS *et al.*, 1997, 2001, 2008; CALLADO & SILVA NETO 2003, MARQUES 2012; CASTELAR 2014), ainda são escassos, levando em consideração, principalmente, a alta riqueza de espécies existentes nos remanescentes florestais, a necessidade de melhor determinação das mesmas *in situ* e a necessidade de ampliar os dados referentes a cada espécie visando as conclusões taxonômicas e filogenéticas nos diferentes níveis hierárquicos da família.

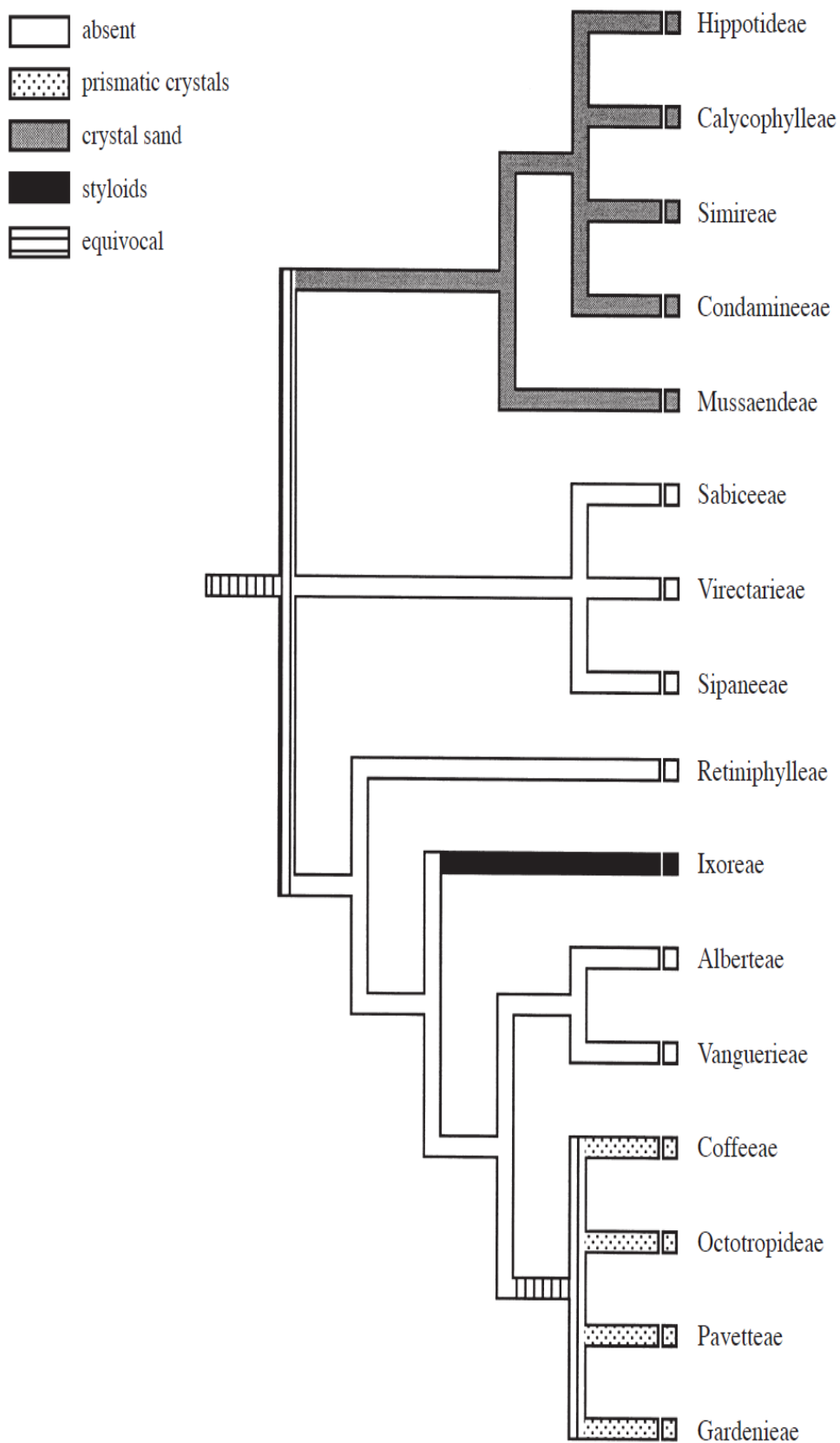
Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar e descrever anatomicamente o lenho das oito espécies arbustivo-arbóreas da subfamília Ixoroideae (Rubiaceae) que ocorrem no Parque Estadual da Ilha Grande, visando responder a seguinte questão: A anatomia do lenho pode fornecer bases firmes para o enquadramento taxonômico, sistemático e/ou segregação destas espécies na problemática da subfamília, tribos e gêneros em questão?

Figura 6 - Cladograma



Legenda: Árvore filogenética hipotética para as tribos da subfamília Ixoroideae em acordo com os tipos de madeira estabelecidos por Koek-Noorman (1977) (JANSEN *et al.*, 2002).

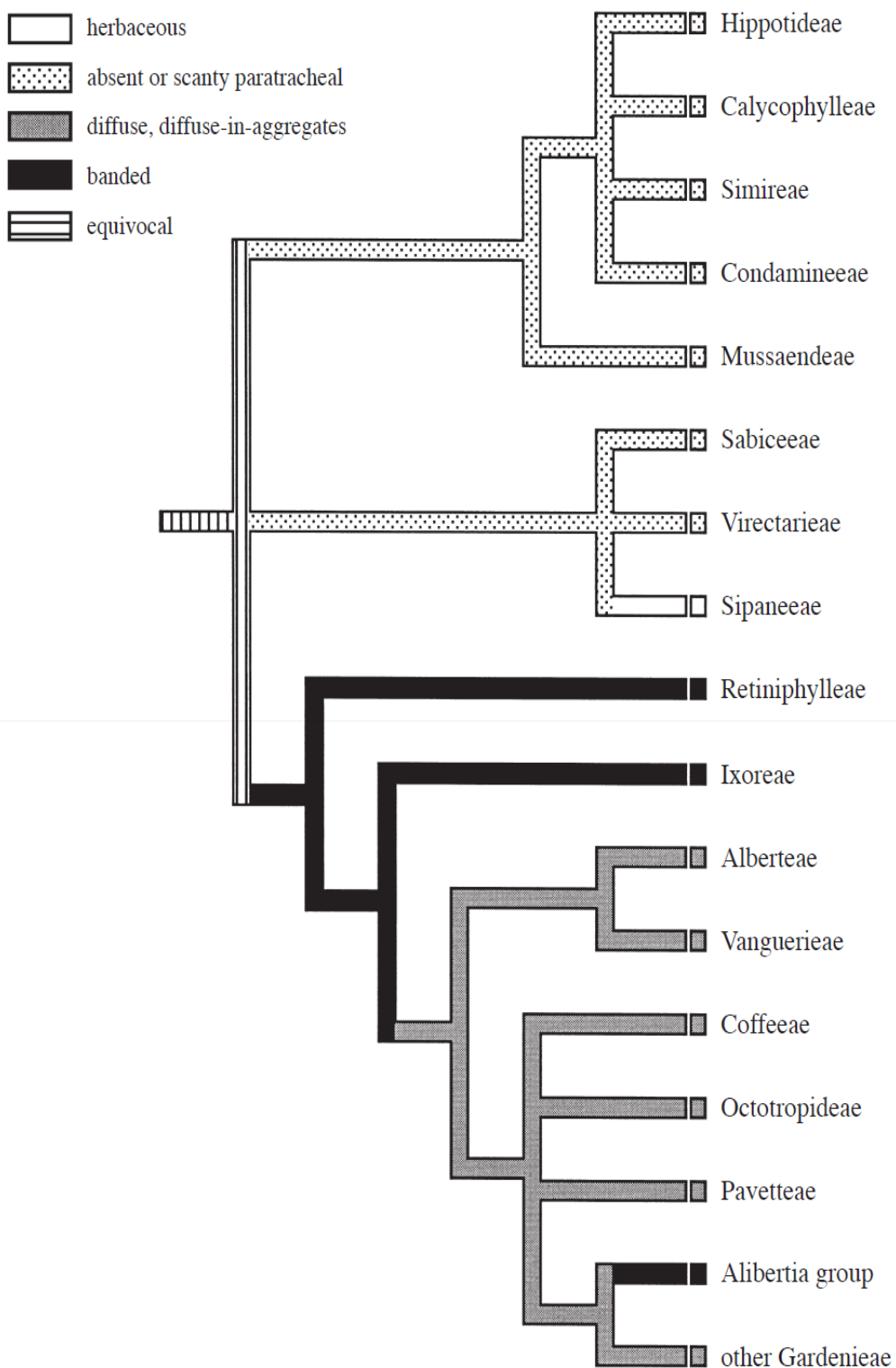
Figura 7 - Cladograma



Legenda: Árvore filogenética hipotética para as tribos da subfamília Ixoroideae em acordo com os tipos de Inclusões minerais (JANSEN *et al.*, 2002).



Figura 8 - Cladograma



Legenda: Árvore filogenética hipotética para as tribos da subfamília Ixoroideae em acordo com os tipos de parênquima axial (JANSEN *et al.*, 2002).

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo Geral

Caracterizar a anatomia do lenho das espécies arbustivo-arbóreas da subfamília Ixoroideae ocorrentes no Parque Estadual da Ilha Grande, um dos principais remanescentes de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. Contribuindo com novos subsídios à identificação local de espécies e à taxonomia e filogenia da família Rubiaceae.

### 1.2 Objetivos específicos

- Descrever a anatomia do lenho das espécies lenhosas simpátricas: *Alseis floribunda* Schott, *Amaioua guianensis* Aubl., *Bathysa stipulata* (Vell.) C. Presl, *Cordia concolor* (Cham.) Kuntze, *Posoqueria latifolia* (Rudge) Schult., *Randia armata* (Sw.) DC. *Rustia formosa* (Cham. & Schltdl. ex DC.) Klotzsch, e *Simira glaziovii* (K. Schum.) Steyererm;
- Identificar caracteres diagnósticos do lenho que permitam a segregação e identificação das espécies estudadas;
- Identificar caracteres diagnósticos do lenho que permitam agrupar as espécies estudadas em acordo com as tribos a que estão subordinadas;
- Avaliar a consistência dos caracteres anatômicos do lenho observados nas espécies estudadas em relação às árvores filogenéticas propostas para a subfamília em relação às tribos às quais as espécies estudadas estão subordinadas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG), Ilha Grande, município de Angra dos Reis, estado do Rio de Janeiro, em trechos bem preservados de Restinga e Floresta Ombrófila Densa submontana e montana (Fig.: 9).

O clima local é tipicamente tropical, com temperatura e precipitação bem elevadas nos meses de verão, e com pequena variação ao longo do ano. A temperatura média anual é 24 °C, com temperatura máxima frequentemente superior a 30 °C, no mês de fevereiro, e temperatura mínima que pode chegar até 10 °C, nos meses de inverno. A média da precipitação total anual de 1977 mm, sendo os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) os mais chuvosos, com índices mensais de até 286 mm (SALGADO *et al.*, 2009).

### 2.2 Espécies estudadas

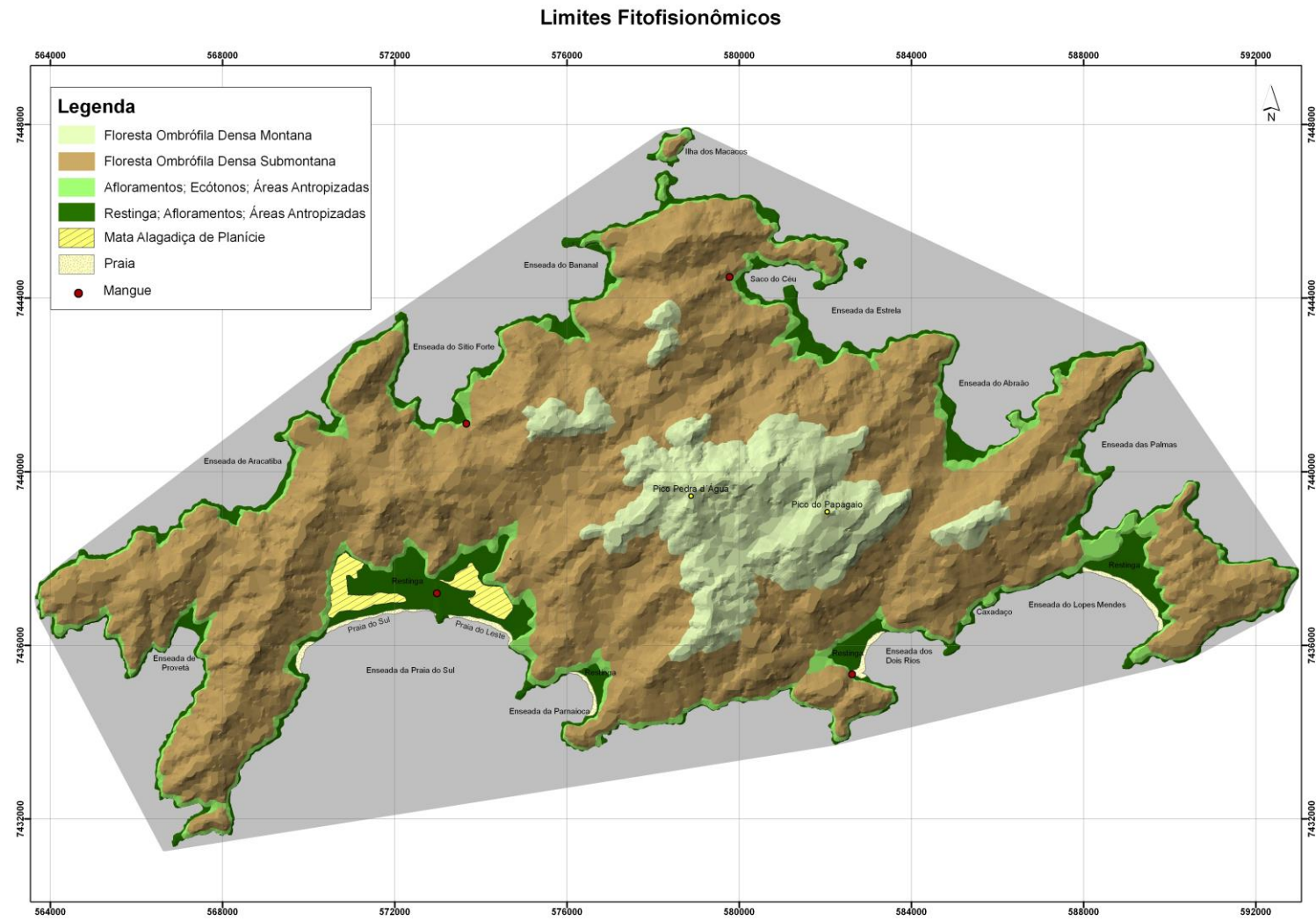
As espécies (Quadro 1) foram selecionadas a partir de inventários florísticos e fitossociológicos realizados previamente no sítio de estudo (MANÃO, 2011; ROSA, 2013) e estão subordinadas à família Rubiaceae, subfamília Ixoroideae:

O material testemunho dos indivíduos amostrados serão depositados e registrados no Herbário do Estado do Rio de Janeiro (HRJ) e na Xiloteca do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RBw).

### 2.3 Obtenção das Amostras

As amostras foram obtidas por método não destrutivo, com a utilização de Sonda de Pressler, a partir de indivíduos retos, sem defeitos aparentes e com diâmetros  $\geq 6,5$  cm a 1,30 m acima do solo. Cinco indivíduos foram amostrados para cada espécie estudada, com exceção da espécie *Cordia concolor*, com apenas dois indivíduos amostrados (Quadro 1).

Figura 9 - Mapa da Ilha Grande



Legenda: Mapa com os limites fitofisionômicos da Ilha Grande Fonte: Callado *et al.* (2009).

**Quadro 1:** Características gerais dos indivíduos amostrados e fitofisionomia em que o material botânico foi obtido.

<b>Tribo</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nº</b>	<b>H (m)</b>	<b>D (cm)</b>	<b>Fitofisionomia</b>
		31	9	27	F. ombrófila. densa sub.
		32	8	37	F. ombrófila densa sub.
Condamineae	<i>Aseis floribunda</i>	33	11	36	F. ombrófila densa sub.
		42	7	28	F. ombrófila densa sub.
		137	8,5	32	F. ombrófila densa sub.
		1B	12	24	F. ombrófila densa sub.
		2B	9	33	F. ombrófila densa sub.
Condamineae	<i>Bathysa stipulata</i>	347	12	64	F. ombrófila densa mont.
		1112	13	37	F. ombrófila densa sub.
		1151	17	28,5	F. ombrófila densa sub.
		20	13	32	F. ombrófila densa sub.
		283	9,5	37	F. ombrófila densa sub.
Condamineae	<i>Rustia formosa</i>	45	17	72	F. ombrófila densa sub.
		16	18	67	F. ombrófila densa sub.
		18	19	63	F. ombrófila densa sub.
		23	13	47	F. ombrófila densa sub.
		29	13	43	F. ombrófila densa sub.
Condamineae	<i>Simira glaziovii</i>	28	12	46	F. ombrófila densa sub.
		8A	16	41	F. ombrófila densa sub.
		27	12	43,5	F. ombrófila densa sub.
		965	19,5	62	F. ombrófila densa sub.
		1931	7,5	28	F. ombrófila densa sub.
Gardenieae	<i>Amaioua guianensis</i>	1888	9	36	F. ombrófila densa mont.
		1942	8	38	F. ombrófila densa mont.
		1876	10	42	F. ombrófila densa mont.
Gardenieae	<i>Cordia concolor</i>	239	15	61	F. ombrófila densa mont.
		1981	20	40	F. ombrófila densa mont.
		08	8,5	23	F. ombrófila densa sub.
		51	7,5	22	Restinga
Gardenieae	<i>Randia armata</i>	52	7	22,5	Restinga
		53	6,5	23	Restinga
		54	7	21	Restinga
Posoquerieae	<i>Posoqueria latifolia</i>	592	6	34	F. ombrófila densa mont.
		534	8	32	F. ombrófila densa mont.

Tribo	Espécie	Nº	H (m)	D (cm)	Fitofisionomia
		536	7	21	F. ombrófila densa mont.
Posoquerieae	<i>Posoqueria latifolia</i>	547	7	22	F. ombrófila densa mont.
		145	8,5	27	F. ombrófila densa mont.

N: número dos indivíduos nos inventários. H: altura em metros. D: Diâmetro em centímetros. F. ombrófila densa sub: Floresta ombrófila densa submontana. F. ombrófila densa mont: Floresta ombrófila densa montana.

#### 2.4 Processamento das amostras

A partir das amostras de madeira, foram confeccionados corpos de prova (Coradin & Muniz, 1991) que foram seccionados ao micrótomo de deslize Leica SM 2000R, nos planos transversal e longitudinal tangencial e radial, a uma espessura de 18 a 20  $\mu\text{m}$ .

Para fins de comparação, de cada indivíduo analisado, algumas seções histológicas não sofreram qualquer tratamento, as demais, foram clarificadas, por hipoclorito de sódio em solução aquosa 50%. Em seguida, as seções histológicas foram submetidas à dupla coloração por Azul de Astra e Safranina hidroalcoólica 1%, na proporção de 9:1; desidratadas em série etílicas ascendentes e foram transferidas para Xilol P. A. (JOHANSEN, 1940; SASS, 1958; BURGER & RICHTER, 1991). Para a confecção das lâminas permanentes foi utilizado Entellan® (Merk) como meio de montagem.

Os valores dimensionais das fibras e o comprimento dos elementos de vaso foram aferidos em material dissociado por hipoclorito de sódio (comunicação verbal<sup>1</sup>), macerado e corado por Safranina hidroalcoólica 50% (SASS, 1958) e montado em glicerina 50% (STRASBURGER, 1924).

As mensurações e contagens dos elementos celulares foram realizadas com o auxílio do sistema de processamento Image Pro Express, versão 6.0 para Windows, utilizando imagens obtidas por câmera de vídeo Q Collor R3 acoplada ao microscópio Olympus BX41-BF-I-20.

As descrições anatômicas, mensurações, contagens dos elementos do lenho, assim como, as terminologias utilizadas, seguiram em linhas gerais as recomendações do IAWA Committee (1989), com exceção da frequência de vasos por milímetro quadrado, altura e largura dos raios, que seguiram intervalos pré-estabelecidos pela lista de caracteres da COPANT (1973).

<sup>1</sup> Metodologia não publicada desenvolvida por Jane Elizabeth Kraus, professora livre-docente pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP).

## 2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura

Para a análise ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), fragmentos das amostras foram seccionados ao micrótomo de deslize a uma espessura de 18 a 20  $\mu\text{m}$  e secas ao ar livre, no plano longitudinal tangencial. As seções obtidas foram fixadas com fita adesiva de carbono em suportes próprios (*stubs*) e levadas ao processo de metalização por ouro (POSTECK *et al.*, 1980). As amostras foram observadas em microscópio eletrônico de varredura modelo JMS – 6510 LV, com detector de Raio X (EDS). As eletromicrografias foram obtidas por imagens de elétrons secundários, no Laboratório de Química, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

## 2.6 Análise de agrupamento e análise dos componentes principais (PCA)

Para a análise de agrupamento os caracteres foram codificados como dados binários, os dados qualitativos foram transformados, pela presença e ausência dos caracteres do lenho e os caracteres quantitativos, foram transformados, seguindo intervalos determinados pela IAWA Committee (1989), com exceção a frequência de vasos por milímetro quadrado, altura e largura dos raios, que seguiram intervalos estabelecidos pela lista de caracteres da COPANT (1974). O conjunto de dados foi submetido à análise de agrupamento, utilizando o coeficiente de distância Euclidiana e o método pela associação média (UPGMA) para a construção do dendrograma foi usado o programa STATISTICA 7.

A análise de componente principal (PCA) foi feita a partir dos mesmos caracteres utilizados na análise de agrupamento de cada indivíduo, com objetivo de ordenar as espécies da subfamília Ixoroideae e diferenciar os componentes de maior variância (LUDWIG & REYNOLDS, 1988; ZAR, 1996) os dados foram obtidos a partir do programa estatístico PAST.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Descrição Anatômica do Lenho

##### 3.1.1 Tribo *Condamineae*

##### 3.1.1.1 *Alseis floribunda* Schott (Fig. 10 A-F)

**Camadas de crescimento:** distintas, demarcadas pelo maior espessamento das paredes e achatamento radial das fibras no lenho tardio.

**Elementos de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 42 ( $\pm 6,63$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários ou em agrupamentos de dois a quatro elementos, de contorno circular a oval, com placas de perfuração simples e em posição terminal. Os elementos vaso apresentam diâmetro tangencial médio de 46  $\mu\text{m}$  ( $\pm 9,54$ ), comprimento médio de 654  $\mu\text{m}$  ( $\pm 144,85$ ) e paredes com espessura média de 3  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,80$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 5  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,41$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio-vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

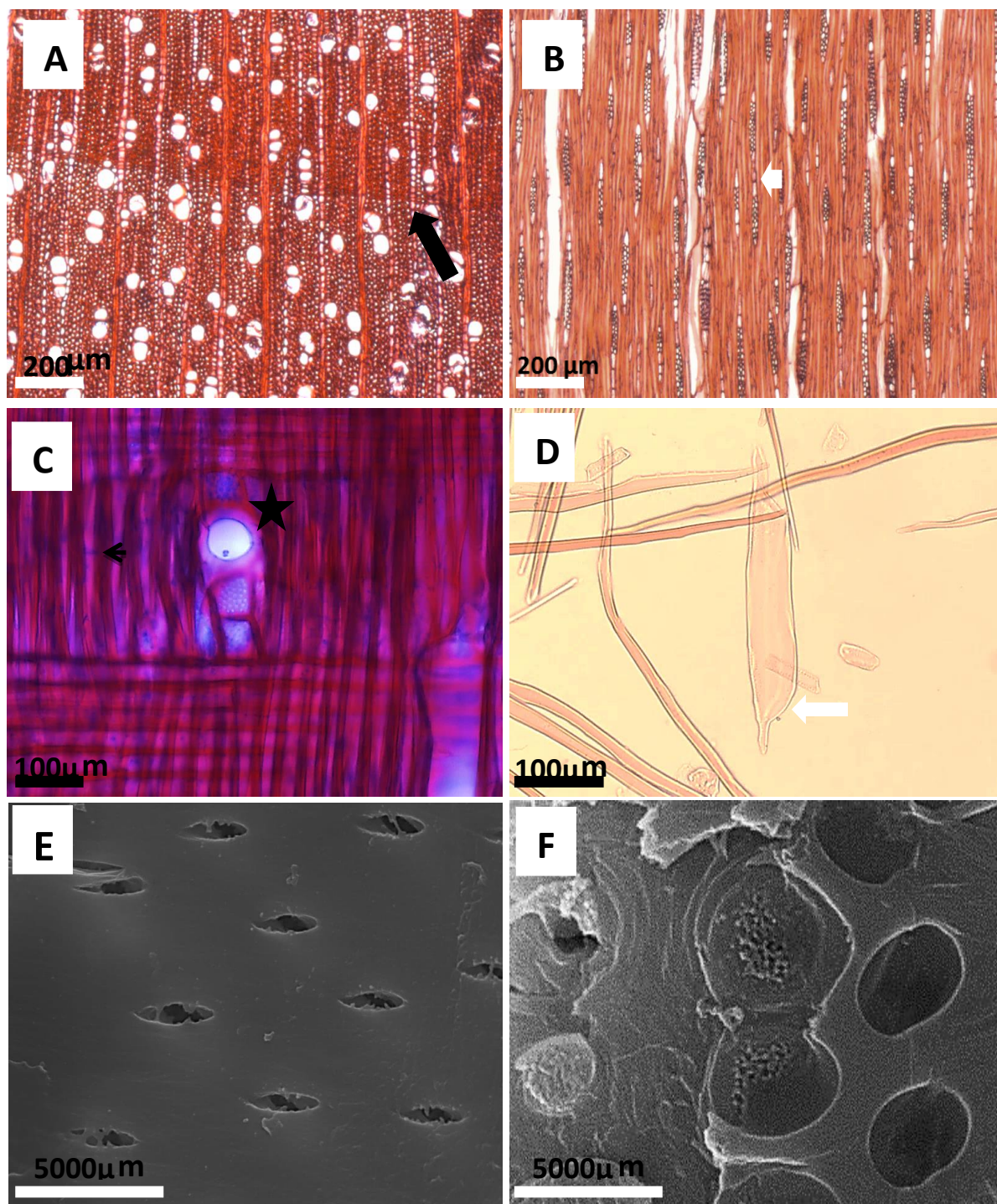
**Fibras libriformes:** septadas, com comprimento médio de 1101  $\mu\text{m}$  ( $\pm 205,93$ ), diâmetro médio total de 30  $\mu\text{m}$  ( $\pm 8,00$ ), diâmetro médio do lúmen de 14  $\mu\text{m}$  ( $\pm 4,80$ ) e paredes de delgadas a espessas, com pontoações simples, localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raro) e que apresentam em média 0.79  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0.30$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** ausente ou extremamente raro.

**Parênquima radial:** em frequência média de 8 ( $\pm 1,27$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de duas a três células de largura, correspondendo a 40  $\mu\text{m}$  ( $\pm 11,35$ ) de largura em média, e altura média de 333  $\mu\text{m}$  ( $\pm 89,71$ ). Os raios são constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar uma a cinco células de altura. Presença de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples.



Figura 10 - Estrutura anatômica do lenho de *Alseis floribunda* Schott.



Legenda: A: seção transversal evidenciando a camada de crescimento (seta); B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta) entre raios uni e multisseriados; C: seção longitudinal radial evidenciando fibras septadas (seta) e células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: elemento de vaso com placas de perfuração simples terminal (seta preta); E-F: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. E: canal da pontoação; F: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.

### 3.1.1.2 *Bathysa stipulata* (Vell.) C. Presl (Fig. 11 A-F)

**Camadas de crescimento:** indistintas ou ausentes

**Elemento de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 38 ( $\pm 4,52$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários, em agrupamentos de dois a cinco elementos ou em cachos de quatro a seis elementos, de contorno oval a poligonal, com placas de perfuração simples e em posição lateral. Os elementos vaso apresentam diâmetro tangencial médio de 62  $\mu\text{m}$  ( $\pm 12,54$ ), comprimento médio de 1262  $\mu\text{m}$  ( $\pm 340,57$ ) e paredes com espessura média de 3  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,44$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 4  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,44$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio-vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

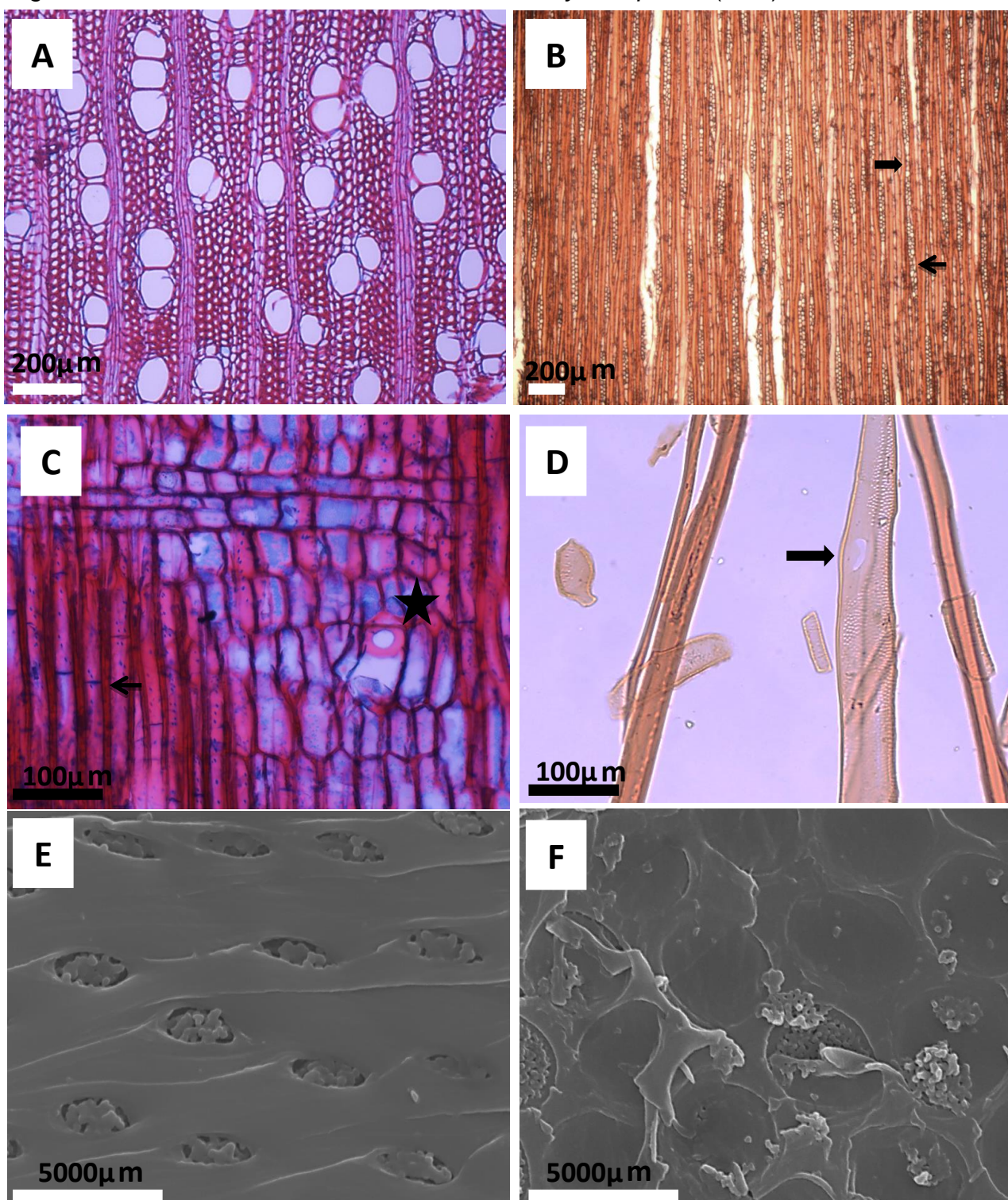
**Fibras libriformes:** septadas, com comprimento médio de 1878  $\mu\text{m}$  ( $\pm 390,50$ ), diâmetro médio total de 31  $\mu\text{m}$  ( $\pm 5$ ), diâmetro médio do lúmen de 13  $\mu\text{m}$  ( $\pm 5$ ) e paredes de delgadas a espessas, com pontoações simples, localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raro) e que apresentam em média 0.97  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,25$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** ausente ou extremamente raro.

**Parênquima radial:** em frequência média de 8 ( $\pm 1,66$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de uma a seis células de largura, correspondendo a 48  $\mu\text{m}$  ( $\pm 11,81$ ) de largura em média, e altura média de 909  $\mu\text{m}$  ( $\pm 284,84$ ). Os raios são constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar de uma a oito células de altura. Presença de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples e de células envolventes.



Figura 11 - Estrutura anatômica do lenho de *Bathysa stipulata* (Vell.) C. Presl



Legenda: A: seção transversal; B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta grossa) entre raios uni e multisseriados; células envolventes de raio (seta fina); C: seção longitudinal radial evidenciando fibras septadas (seta) e células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: elemento de vaso com placas de perfuração simples lateral (seta preta); E-F: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. E: canal da pontoação; F: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.

3.1.1.3 *Rustia formosa* (Cham. & Schldl. ex DC.) Klotzsch (Fig: 12 A-G e Fig.:13 A-D)

**Camadas de crescimento:** indistintas ou ausentes.

**Elementos de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 39 ( $\pm 9,97$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários ou em agrupamentos de dois a quatro elementos, de contorno poligonal, com placas de perfuração simples e em posição terminal. O diâmetro tangencial médio do vaso é de 44  $\mu\text{m}$  ( $\pm 16,82$ ), comprimento médio de 1465  $\mu\text{m}$  ( $\pm 361,64$ ) e paredes com espessura média de 3  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,84$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 4  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,44$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

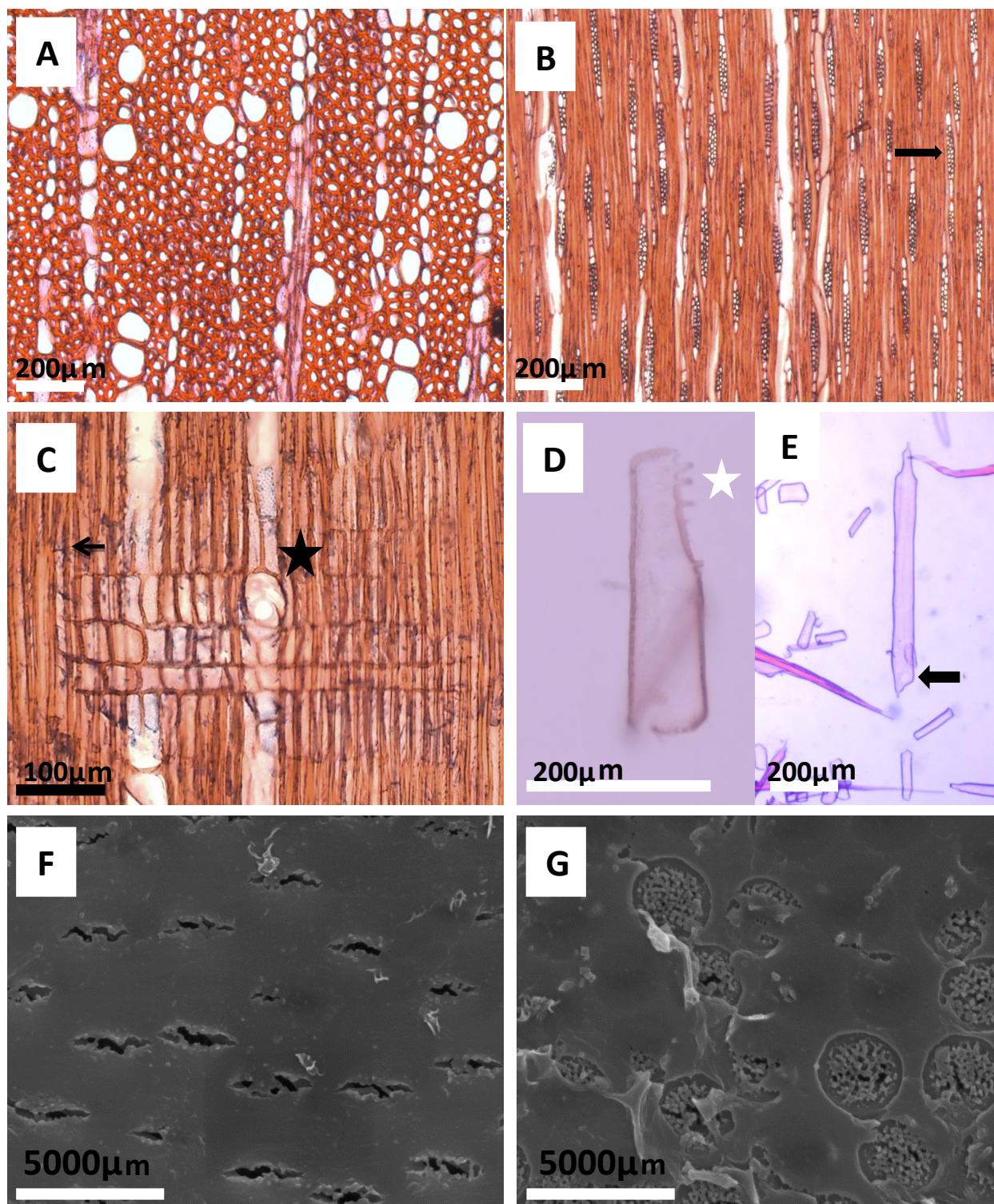
**Fibras libriformes:** septadas, com comprimento médio de 1958  $\mu\text{m}$  ( $\pm 466,08$ ), diâmetro médio total de 52  $\mu\text{m}$  ( $\pm 13,01$ ), diâmetro médio do lúmen de 27  $\mu\text{m}$  ( $\pm 8,79$ ) e paredes de delgadas a espessas, com pontoações simples, localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raras) e que apresentam em média 0,85  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,17$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** ausente ou extremamente raro.

**Parênquima radial:** em frequência média de 6 ( $\pm 2,10$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de uma a três células de largura, correspondendo a 38  $\mu\text{m}$  ( $\pm 7,61$ ) de largura em média, e altura média de 634  $\mu\text{m}$  ( $\pm 275,26$ ). Constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar de uma a quatro células de altura. Presença de raios fusionados (raros), de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples, de células com paredes disjuntivas e de corpos silicosos.

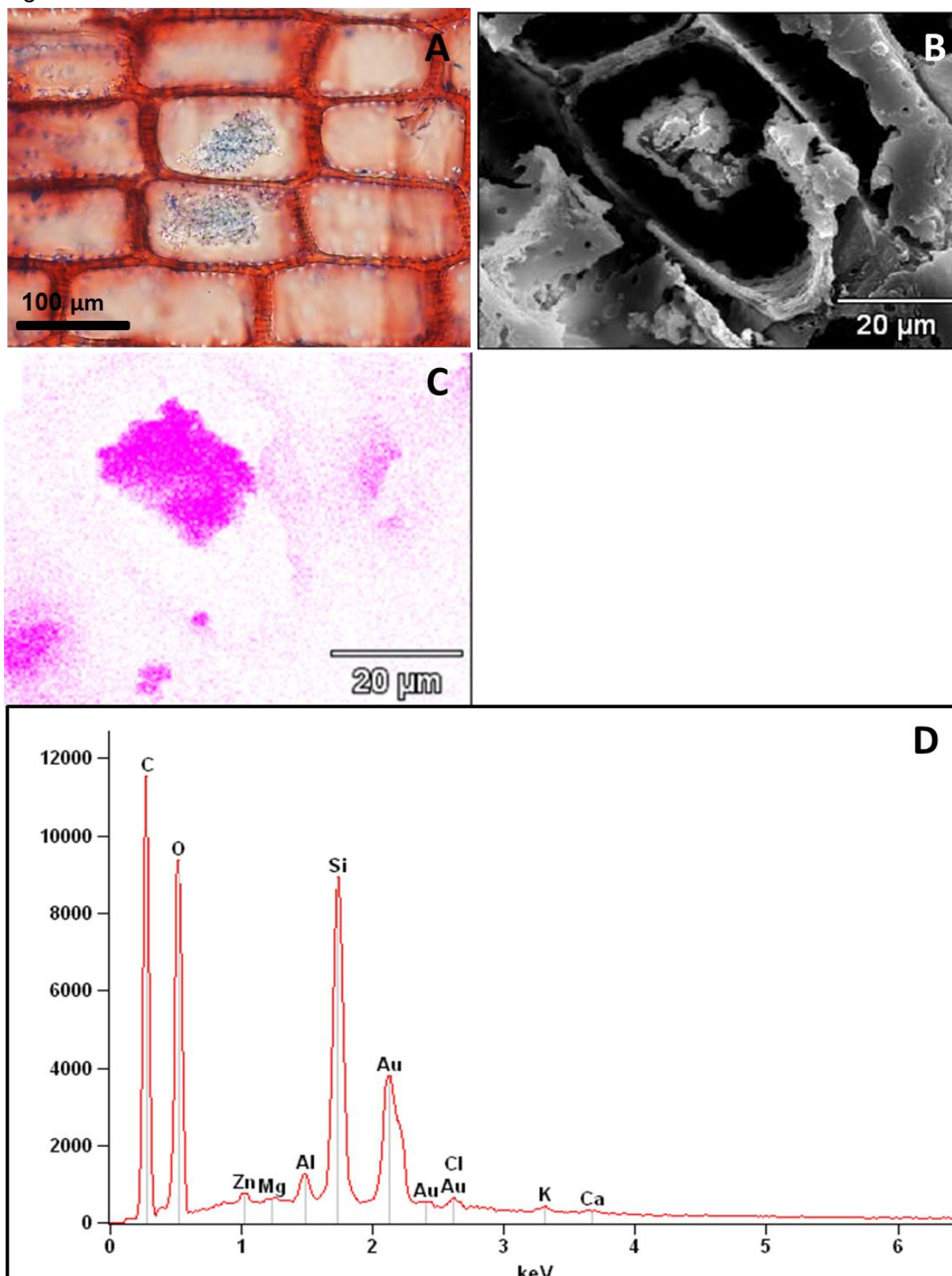


Figura 12 - Estrutura anatômica do lenho de *Rustia formosa* (Cham. & Schldl. ex DC.) Klotzsch



Legenda: A: seção transversal; B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta) entre raios uni e multisseriados; C: seção longitudinal radial evidenciando fibras septadas (seta) e células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: células de raio com paredes disjuntivas (estrela branca); E: elemento de vaso com placas de perfuração simples terminal (seta preta); F-G: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. F: canal da pontoação; G: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.

Figura 13 - Microanálise



Legenda: A: aspecto geral dos corpos silicosos sob microscopia óptica com luz polarizada em *Rustia formosa*. B: microscopia eletrônica de varredura evidenciando os corpos; C: mapeamento de raio X para silício realizado no mesmo campo da figura B; D: Espectro do corpo silicoso observado na figura B, mostrando a composição da inclusão inorgânica e a existência de picos de silício (Si).

#### 3.1.1.4 *Simira glaziovii* (K. Schum.) Steyererm. (Fig. 14 A-F e Fig.: 15 A-D)

**Camadas de crescimento:** pouco distintas.

**Elementos de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 36 ( $\pm 9,53$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários (maioria) e em agrupamentos de dois a quatro elementos, de contorno circular a oval, com placas de perfuração simples e em posição terminal. O diâmetro tangencial médio dos elementos de vaso é de 55  $\mu\text{m}$  ( $\pm 10,92$ ), o comprimento médio dos elementos vaso é de 827  $\mu\text{m}$  ( $\pm 161,72$ ) e a espessura média das paredes é de 3  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,78$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, poligonais e ornamentadas, com câmaras de 5  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,67$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

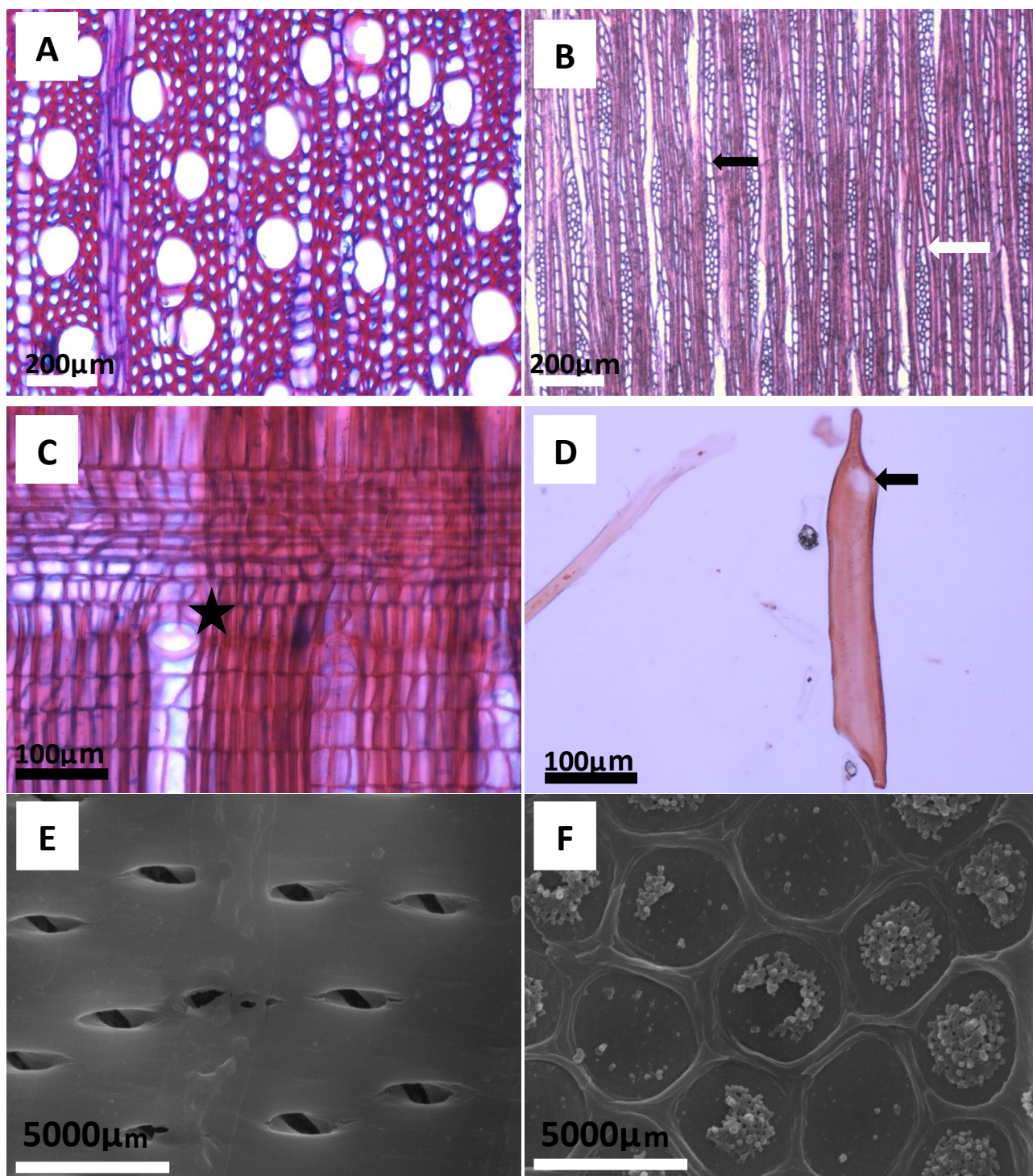
**Fibras libriformes:** septadas, com comprimento médio de 1524  $\mu\text{m}$  ( $\pm 321,63$ ), diâmetro médio de 38  $\mu\text{m}$  ( $\pm 9,63$ ), diâmetro médio do lúmen 15  $\mu\text{m}$  ( $\pm 4,95$ ), paredes de delgadas a espessas, com pontoações simples localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raro) e que apresentam em média 0,96  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,31$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** ausente ou extremamente raro.

**Parênquima radial:** em frequência média de 9 ( $\pm 1,61$ ) raios por mm<sup>2</sup>. Os raios apresentam de uma a cinco células de largura, correspondendo a 44  $\mu\text{m}$  ( $\pm 10,05$ ) de largura em média, e altura média de 606  $\mu\text{m}$  ( $\pm 146,87$ ). Constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar de uma a oito células de altura. Presença de raios fusionados (raros), células envolventes nos raios, cristais prismáticos de oxalato de cálcio e de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples.



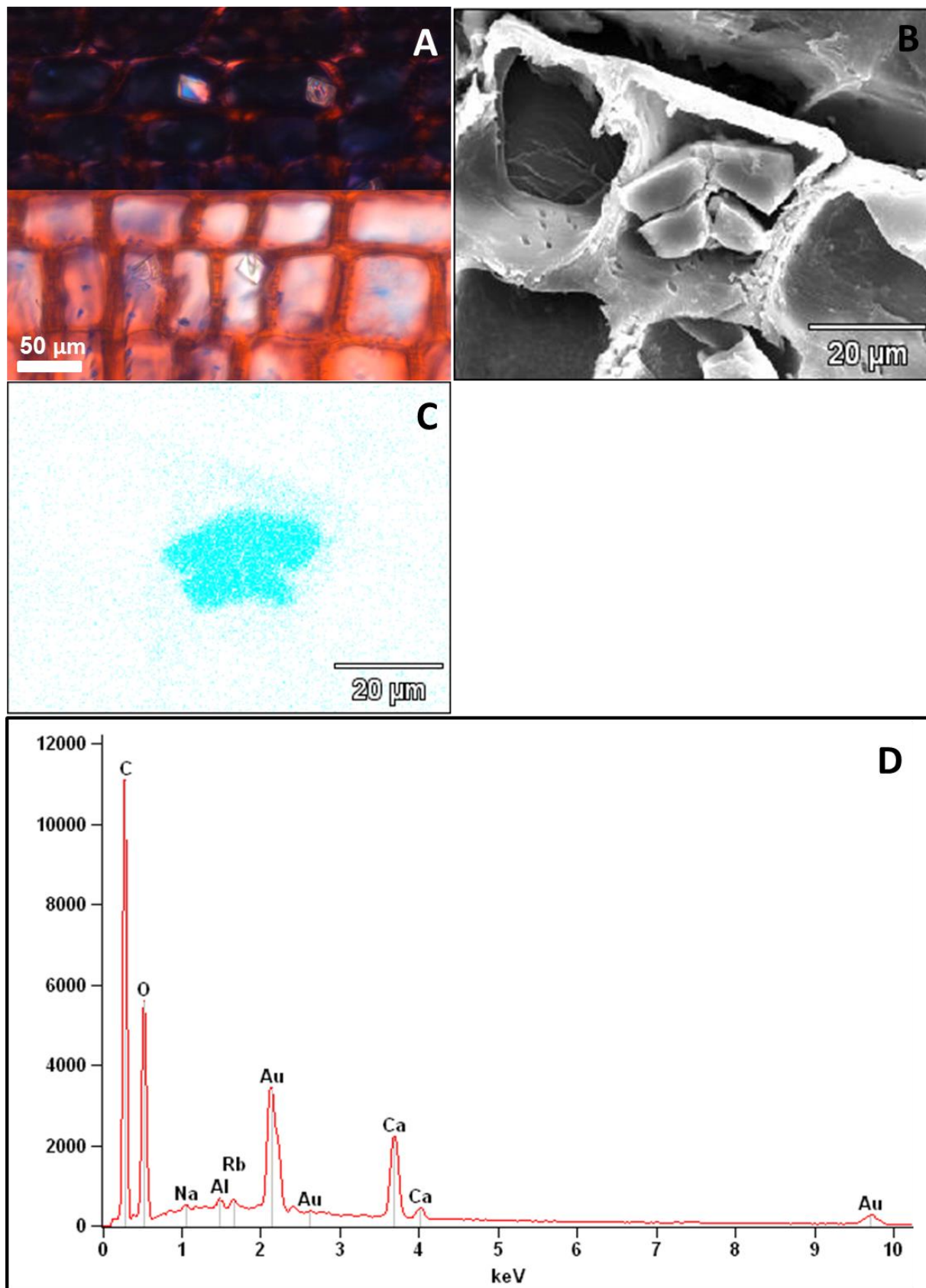
Figura 14 - Estrutura anatômica do lenho de *Simira glaziovii* (K. Schum.) Steyererm.



Legenda: A: seção transversal; B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta preta) entre raios uni e multisseriados; células envolvidas de raio (seta branca); C: seção longitudinal radial evidenciando células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: elemento de vaso com placas de perfuração simples terminal (seta preta); E-F: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. E: canal da pontoação; F: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.



Figura 15 - Microanálise



Legenda: A: aspecto geral dos cristais prismáticos sob microscopia óptica com luz polarizada em *Simira glaziovii*; B: Aspecto geral dos cristais prismáticos sob microscopia eletrônica de varredura; C: mapeamento de raio X para cálcio realizado no mesmo campo da figura B; D: Espectro de cálcio observado na figura B, mostrando a composição da inclusão inorgânica e a existência de picos de cálcio (Ca).

### 3.1.2 Tribo *Gardenieae*

#### 3.1.2.1 - *Amaioua guianensis* Aubl. (Fig.: 16 A-F)

**Camadas de crescimento:** indistintas ou ausentes.

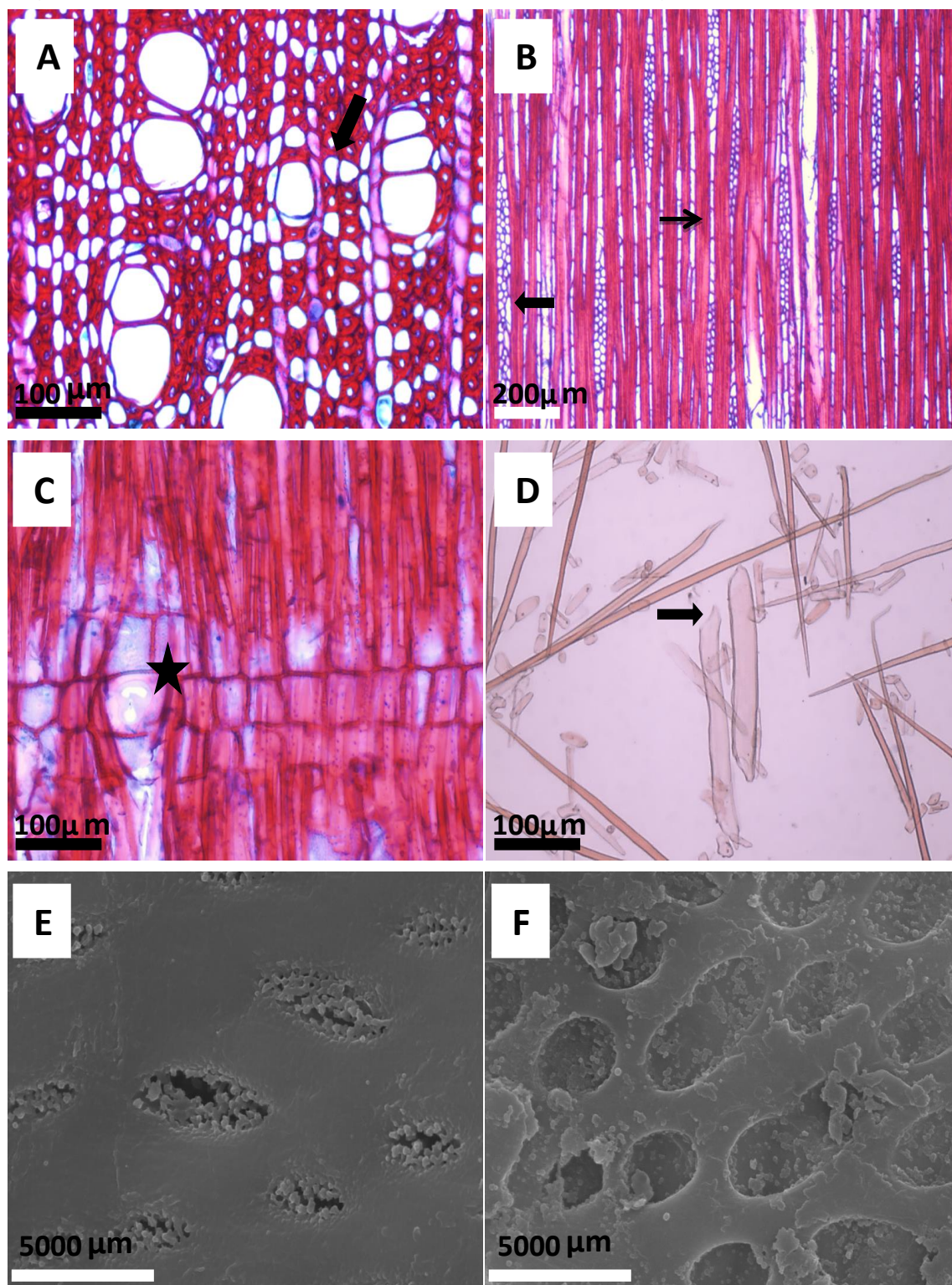
**Elemento de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 29 ( $\pm 7,67$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários ou agrupamentos de dois a sete elementos, de contorno circular a oval, com placas de perfuração simples e em posição terminal. Os elementos de vaso apresentam diâmetro tangencial médio de 60  $\mu\text{m}$  ( $\pm 18,07$ ), comprimento médio dos elementos vaso é de 1036  $\mu\text{m}$  ( $\pm 209,80$ ) e espessura média das paredes de 4  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,81$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 2  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,53$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio-vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

**Fibras libriformes:** não septadas, com comprimento médio de 1867  $\mu\text{m}$  ( $\pm 265,34$ ), diâmetro médio total de 30  $\mu\text{m}$  ( $\pm 4,69$ ), diâmetro médio do lúmen de 6  $\mu\text{m}$  ( $\pm 1,88$ ) e paredes espessas, com pontoações simples a diminutas aréolas, localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raro) e que apresentam em média 0.50  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0.10$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** apotraqueal difuso em agregado.

**Parênquima radial:** em frequência média de 15 ( $\pm 3,25$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de uma a cinco células de largura, correspondendo a 41  $\mu\text{m}$  ( $\pm 16,45$ ) de largura em média, e altura média de 852  $\mu\text{m}$  ( $\pm 16,45$ ). Os raios são constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar uma a sete células de altura. Presença de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples e de células envolventes.

Figura 16 - Estrutura anatômica do lenho de *Amaioua guianensis* Aubl.



Legenda: A: seção transversal evidenciando o parênquima apotraqueal difuso e difuso em agregado (seta); B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta fina) entre raios uni e multisseriados; células envolventes (seta grossa); C: seção longitudinal radial evidenciando as células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: elemento de vaso com placas de perfuração simples terminal (seta preta); E-F: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. E: canal da pontoação; F: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.

### 3.1.2.2 *Cordia concolor* (Cham.) Kuntze (Fig.: 17 A-G e Fig.: 18 A-D)

**Camadas de crescimento:** indistintas ou ausentes

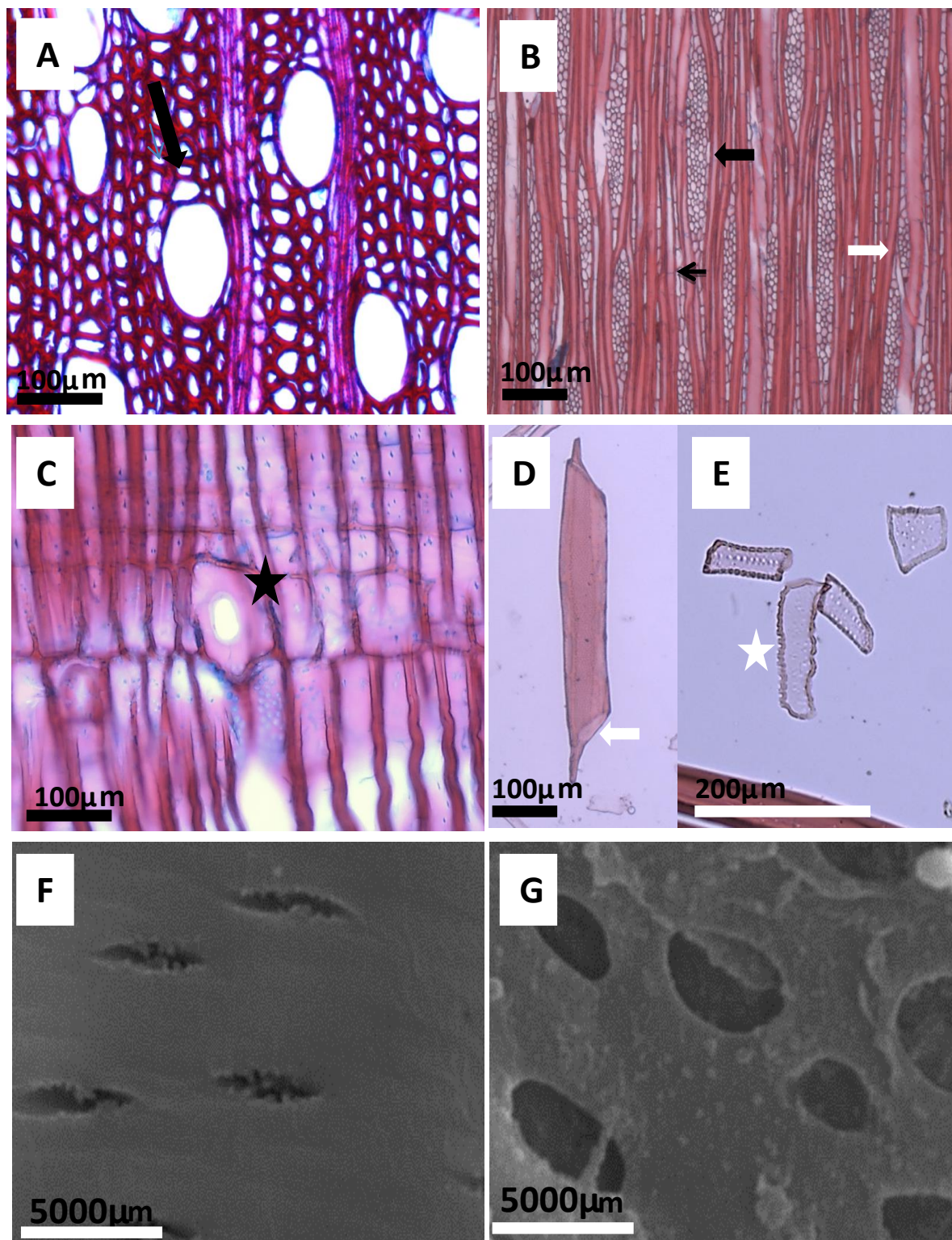
**Elemento de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 20 ( $\pm 2,55$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários ou em agrupamentos de dois a quatro elementos, de contorno circular a oval, com placas de perfuração simples e em posição terminal. Os elementos vaso apresentam diâmetro tangencial médio de 90  $\mu\text{m}$  ( $\pm 12,81$ ), comprimento médio de 964  $\mu\text{m}$  ( $\pm 333,72$ ) e espessura média das paredes de 4  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,94$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 5  $\mu\text{m}$  ( $\pm 1,36$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio-vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

**Fibras: libríformes:** septadas, com comprimento médio de 1951  $\mu\text{m}$  ( $\pm 315,61$ ), diâmetro médio total de 36  $\mu\text{m}$  ( $\pm 6,33$ ), diâmetro médio do lúmen de 18  $\mu\text{m}$  ( $\pm 6,20$ ) e paredes de delgadas a espessas, com pontoações simples, localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raro) e que apresentam em média 0.53  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,13$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** paratraqueal escasso.

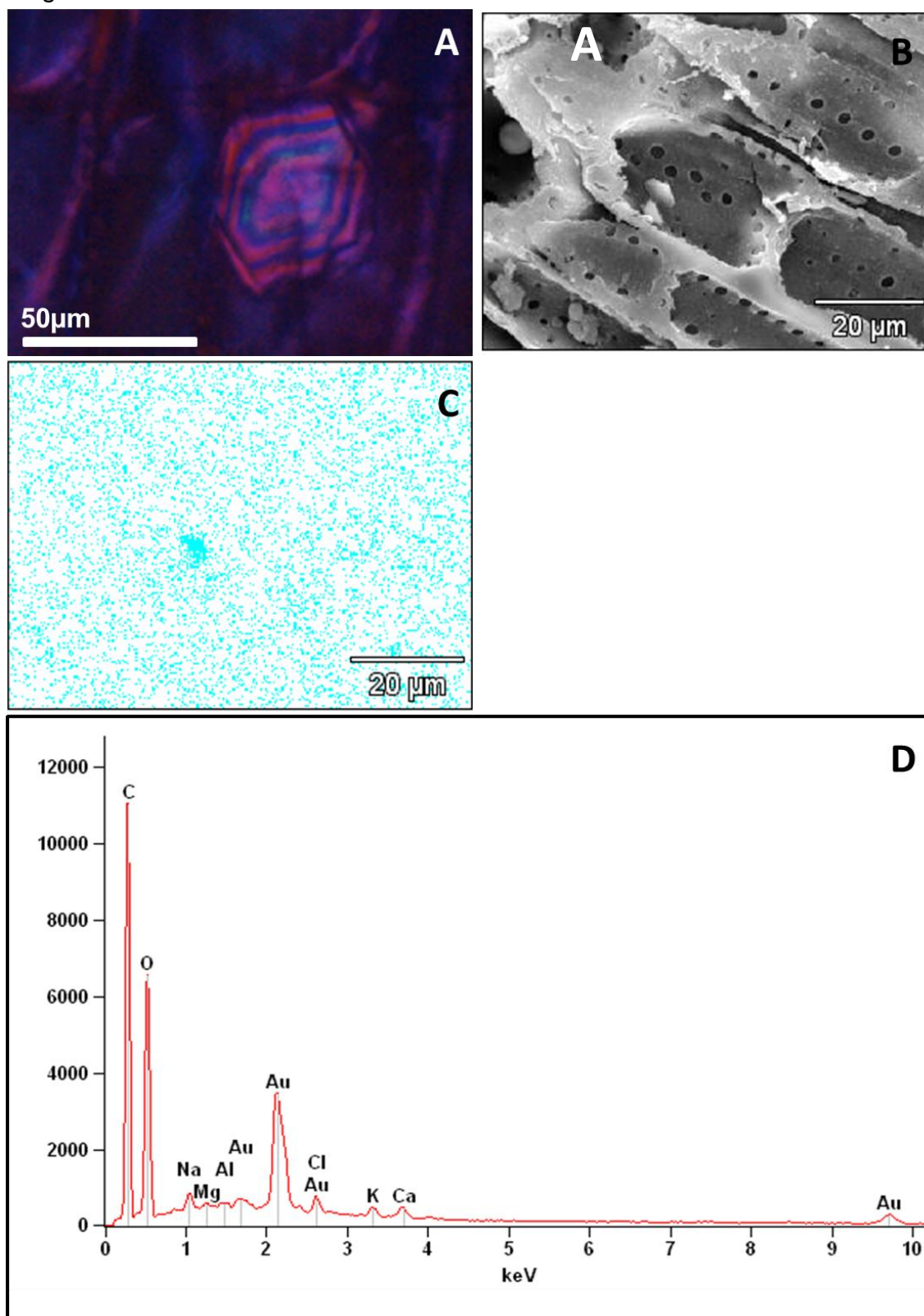
**Parênquima radial:** em frequência média de 12 ( $\pm 1,38$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de uma a cinco células de largura, correspondendo a 45  $\mu\text{m}$  ( $\pm 17,18$ ) de largura em média, e altura média de 1092  $\mu\text{m}$  ( $\pm 325,54$ ). Os raios são constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar de uma a oito células de altura. Presença de células com paredes disjuntivas, de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples, de células envolventes, e de cristais prismáticos de oxalato de cálcio.



Figura 17 - Estrutura anatômica do lenho de *Cordia concolor* (Cham.) Kuntze

Legenda: A: seção transversal evidenciando o parênquima paratraqueal (seta); B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta branca) entre raios uni e multisseriados; células envolventes (seta grossa preta); fibras septadas (seta fina preta); C: seção longitudinal radial evidenciando as células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: elemento de vaso com placas de perfuração simples terminal (seta branca); E: células de raio com paredes disjuntivas (estrela branca); F: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. F: canal da pontoação; G: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.

Figura 18 - Microanálise



Legenda: A: Aspecto geral dos cristais prismáticos sob microscopia óptica com luz polarizada em *Cordiera concolor*; B: Aspecto geral dos cristais prismáticos sob microscopia eletrônica de varredura; C: mapeamento de raio X para cálcio realizado no mesmo campo da figura B; D: espectro de cálcio observado na figura B e C, mostrando a composição da inclusão inorgânica e a existência de picos de cálcio (Ca); C: microscopia óptica sob luz polarizada.

### 3.1.2.3 *Randia armata* (Sw.) DC. (Fig.: 19 A-F e Fig.: 20 A-D)

**Camadas de crescimento:** distintas, demarcadas pelo maior espessamento das paredes e achatamento radial das fibras no lenho tardio.

**Elementos de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 94 ( $\pm 30,71$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários ou em agrupamentos de dois a quatro elementos, de contorno circular a oval, com placas de perfuração simples e em posição terminal. Os elementos de vaso apresentam diâmetro tangencial médio de 29  $\mu\text{m}$  ( $\pm 4,15$ ), comprimento médio de 716  $\mu\text{m}$  ( $\pm 145,52$ ) e espessura média das paredes de 3  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,50$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 2  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,20$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

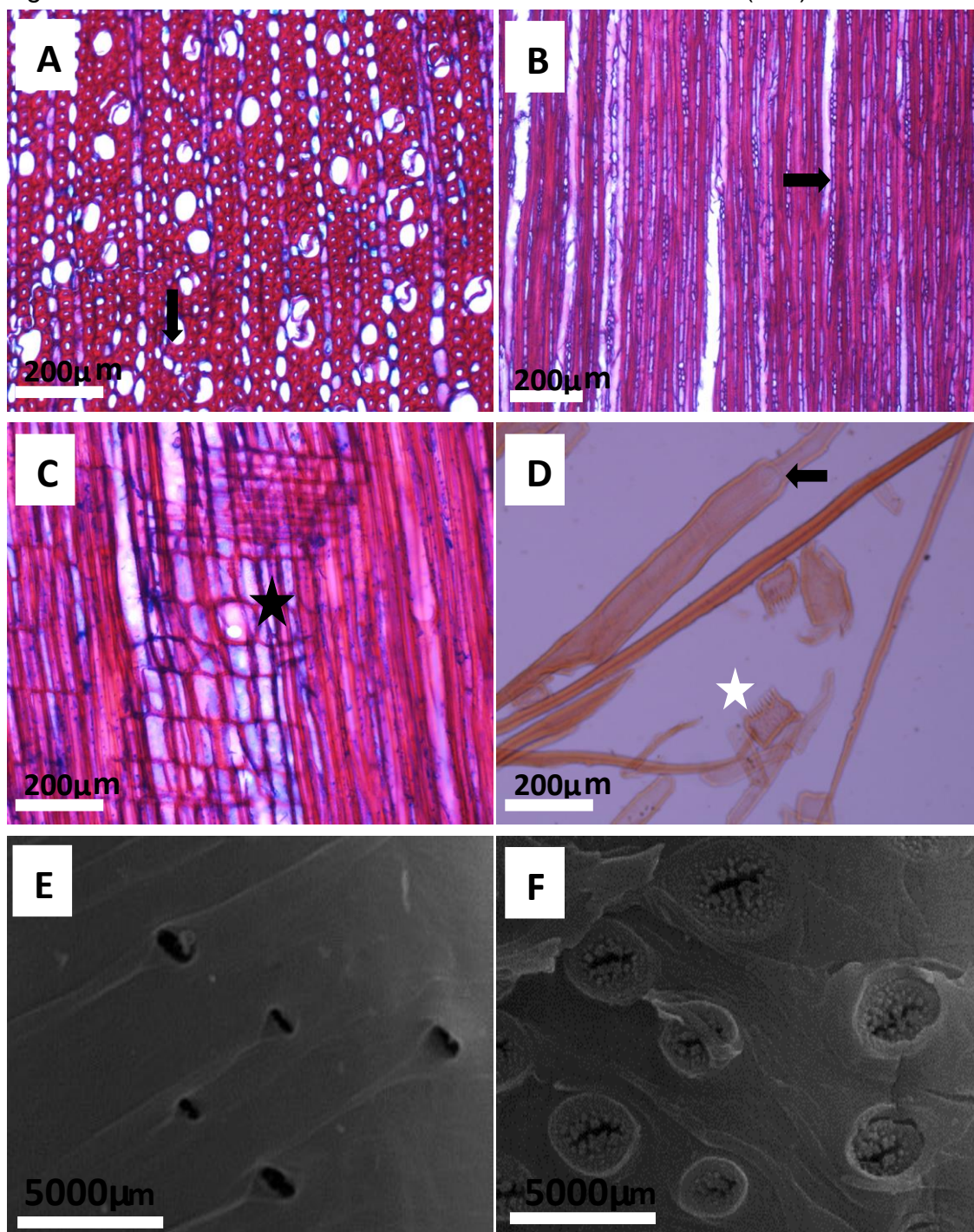
**Fibras libriformes:** não septadas, com comprimento médio de 1367  $\mu\text{m}$  ( $\pm 2,54$ ), diâmetro médio de 22  $\mu\text{m}$  ( $\pm 5,68$ ), diâmetro médio do lúmen 5  $\mu\text{m}$  ( $\pm 1,64$ ) e paredes espessas, com pontoações simples a diminutas aréolas, localizadas nas paredes radiais e tangenciais (raras) e que apresentam em média 0,44  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,12$ ) de abertura.

**Parênquima axial:** apotraqueal difuso em agredado.

**Parênquima radial:** em frequência média de 18 ( $\pm 2,54$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de uma a três células de largura, correspondendo a 23  $\mu\text{m}$  ( $\pm 6,56$ ) de largura em média, e altura média 444  $\mu\text{m}$  ( $\pm 151,62$ ). Constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar de uma a sete células de altura. Presença de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples, de células com parede disjuntivas e de cristais prismáticos de oxalato de cálcio.



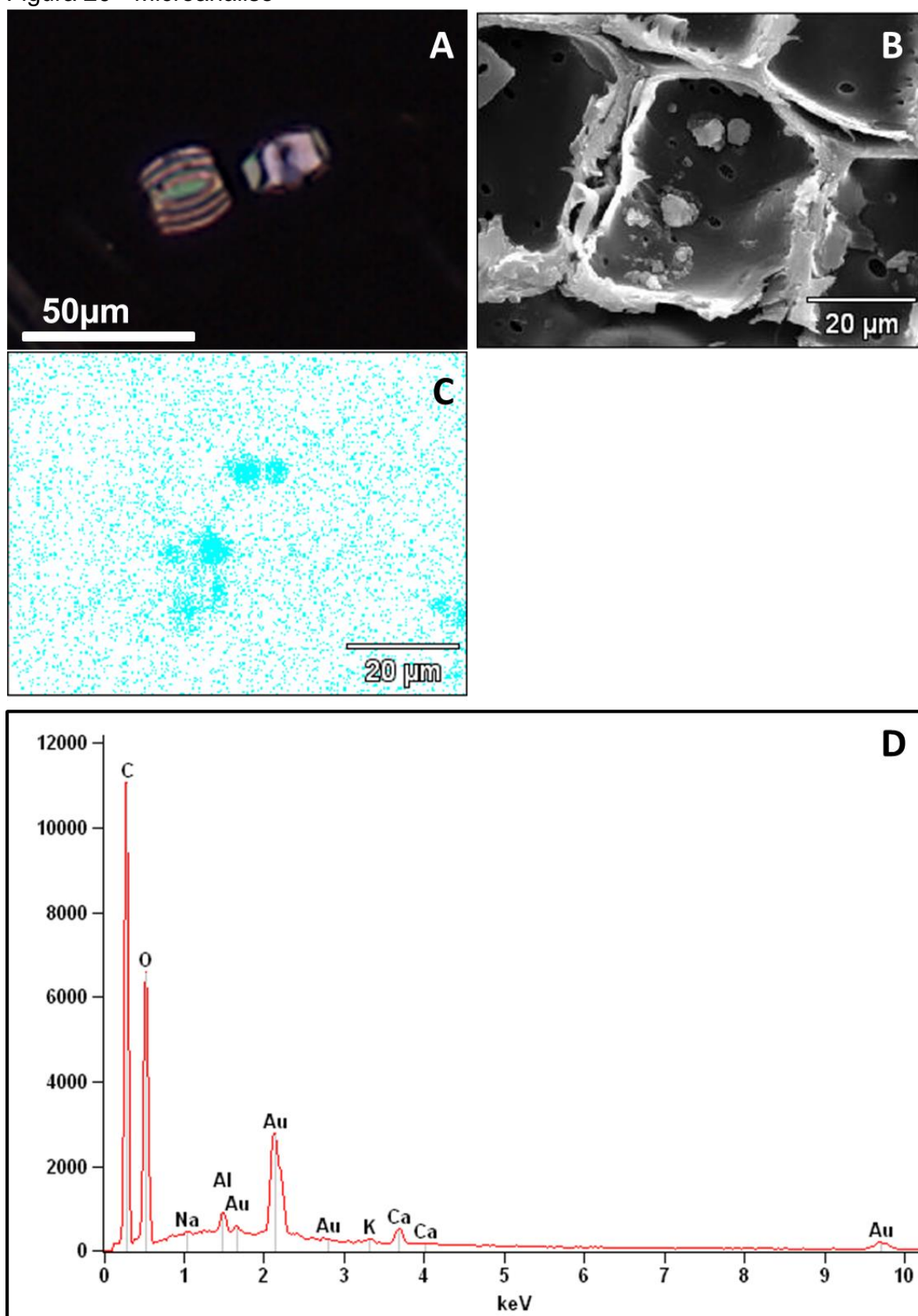
Figura 19 - Estrutura anatômica do lenho de *Randia armata* (Sw.) DC.



Legenda: A: seção transversal evidenciando o parênquima apotraqueal difuso e difuso em agregado (seta); B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta branca) entre raios uni e multisseriados; C: seção longitudinal radial evidenciando as células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: elemento de vaso com placas de perfuração simples terminal (seta preta); células de raio com paredes disjuntivas (estrela branca); E-F: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. F: canal da pontoação; G: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.



Figura 20 - Microanálise



Legenda: A: aspecto geral dos cristais prismáticos sob microscopia óptica com luz polarizada em *Randia armata*; B: aspecto geral dos cristais prismáticos sob microscopia eletrônica de varredura; C: mapeamento de raio X para cálcio realizado no mesmo campo da figura B; D: espectro de cálcio observado na figura B, mostrando a composição da inclusão inorgânica e a existência de picos de cálcio (Ca).

### 3.1.3 Tribo *Posoquerieae*

#### 3.1.3.1 *Posoqueria latifolia* (Rudge) Schult. (Fig. 21 A-G)

**Camadas de crescimento:** indistintas ou ausentes

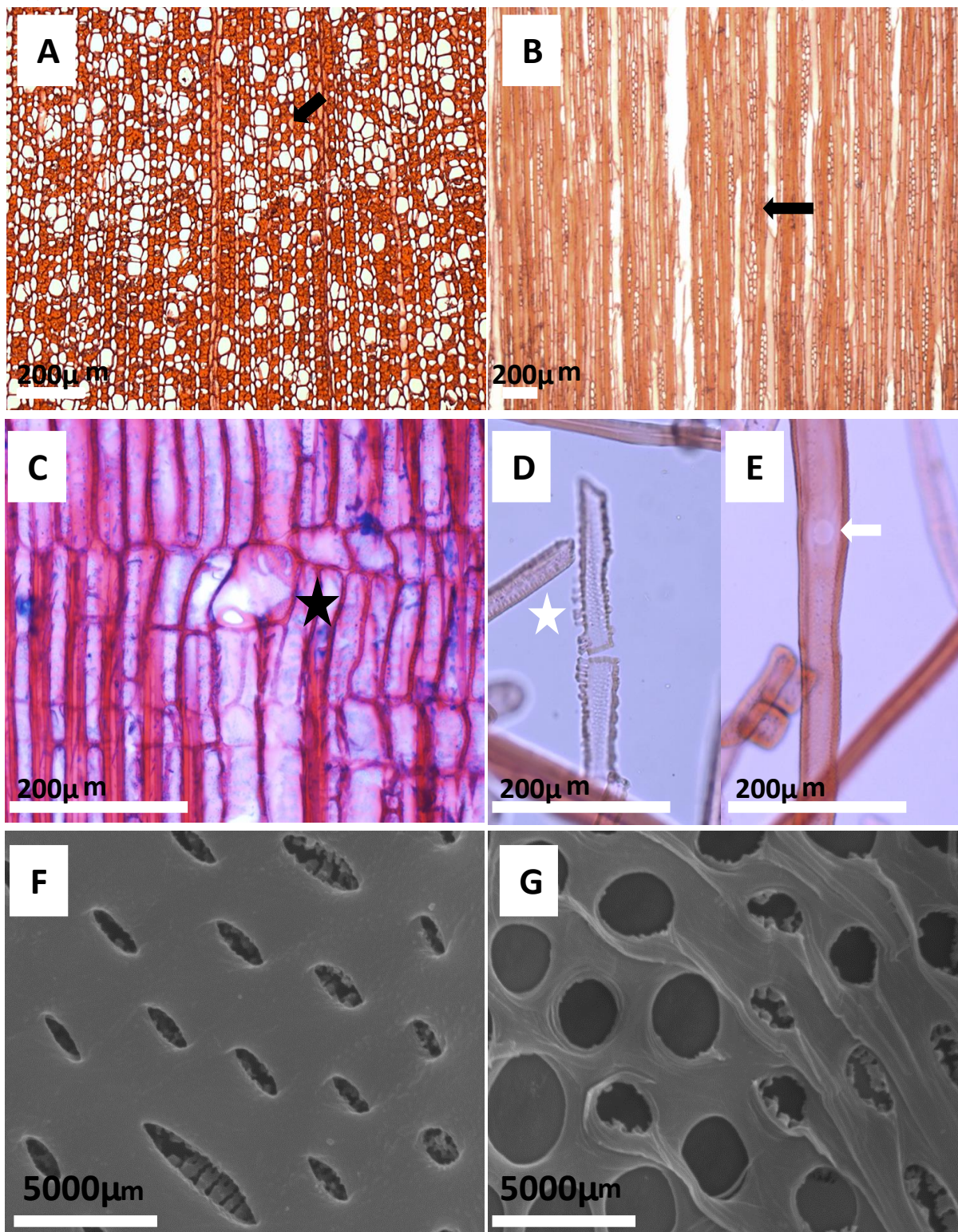
**Elementos de vaso:** em porosidade difusa, frequência média de 57 ( $\pm 6,78$ ) vasos/mm<sup>2</sup> e arranjo radial. Podem ser solitários ou em agrupamentos de dois a quatro elementos, de contorno circular a angular, com placas de perfuração simples e em posição lateral e terminal. Os elementos de vaso apresentam diâmetro tangencial médio de 51  $\mu\text{m}$  ( $\pm 8,94$ ), comprimento médio de 1234  $\mu\text{m}$  ( $\pm 248,13$ ) e espessura média das paredes de 3  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,56$ ). Possui pontoações intervasculares alternas, circulares e ornamentadas, com câmaras de 5  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,45$ ) de diâmetro horizontal médio. As pontoações raio vasculares são similares às pontoações intervasculares em tamanho e forma.

**Fibrotraqueídes:** não septadas, com comprimento médio de 2296  $\mu\text{m}$  ( $\pm 456,59$ ), diâmetro médio de 41  $\mu\text{m}$  ( $\pm 11,35$ ), diâmetro médio do lúmen 7  $\mu\text{m}$  ( $\pm 3,72$ ), e paredes espessas, com pontoações com areoladas conspícuas, localizadas nas paredes radiais e tangenciais, que apresentam em média câmaras de 5  $\mu\text{m}$  ( $\pm 0,70$ ) diâmetro horizontal médio.

**Parênquima axial:** apotraqueal difuso em agregado.

**Parênquima radial:** em frequência média de 14 ( $\pm 1,03$ ) raios por mm'. Os raios apresentam de uma a três células de largura, correspondendo a 46  $\mu\text{m}$  ( $\pm 10,84$ ) de largura em média, e altura média 951  $\mu\text{m}$  ( $\pm 374,11$ ). Constituídos por células procumbentes no corpo e eretas e/ou quadradas nas margens, que podem apresentar de uma a seis células de altura. Presença de células com paredes disjuntivas, de células envolventes nos raios, de células perfuradas de raio com placas de perfuração simples.

Figura 21 - Estrutura anatômica do lenho de *Posoqueria latifolia* (Rudge) Schult.



Legenda: A: seção transversal evidenciando o parênquima apotraqueal difuso e difuso em agregado (seta); B: seção longitudinal tangencial com destaque para os raios fusionados (seta) entre raios uni e multisseriados; C: seção longitudinal radial evidenciando as células perfuradas de raio com placa de perfuração simples (estrela preta); D: células com paredes disjuntivas de raio; E: elemento de vaso com placas de perfuração simples lateral (seta); F-G: seção longitudinal tangencial evidenciando pontoações intervasculares ornamentadas sob microscopia eletrônica de varredura. F: canal da pontoação; G: câmara da pontoação da parede externa do elemento de vaso.

**Quadro 2:** Parâmetros anatômicos da estrutura do lenho das espécies da subfamília Ixoroideae analisadas:

	<i>Aleis floribunda</i>	<i>Bathysa stipulata</i>	<i>Rustia formosa</i>	<i>Simira glaziovii</i>
	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão
<b>Características</b>				
Frequência de vasos/mm <sup>2</sup>	29 (42) 57 ±6,63	27 (38) 49 ±4.52	19 (39) 68 ±9.97	25 (36) 63 ±9.53
Diâmetro tangencial do vaso	22 (46) 66 ±9,54	35 (62) 95 ±12.54	12 (44) 95 ±12.82	34 (55) 94 ±10.92
Comprimento dos elementos de vaso	238 (654) 994 ±144,85	688 (1262) 2169 ±340.57	495 (1465) 2658 ±361.64	343 (827) 1189 ±161.72
Espessura da parede do vaso	1 (3) 5 ±0,77	1 (3) 4 ±0.44	1 (3) 5 ±0.84	1 (3) 6 ±0.78
Pontoações intervasculares	4 (5) 6 ±0,41	3 (4) 5 ±0.44	3 (4) 5 ±0.44	3 (5) 6 ±0.67
Comprimento das fibras	549 (1101) 1609 ±205,93	1049 (1878) 2846 ±390.50	861 (1958) 3120 ±466.08	951 (1524) 2359 ±321.63
Diâmetro das fibras	16 (30) 58 ± 8,00	21 (52) 88 ±13.82	21 (52) 90 ±13.01	18 (38) 65 ±9.63
Lúmen das fibras	5 (14) 28 ±4,8	9 (23) 52 ±8.49	9 (27) 54 ±8.79	6 (15) 31 ±4.95

Espessura da parede das fibras	4 (8) 15 $\pm$ 2,18	4 (19) 45 $\pm$ 8.57	6 (13) 27 $\pm$ 3.16	5 (11) 19 $\pm$ 3.46
Pontoações das fibras	0,43 (0,79) 2 $\pm$ 0,30	0.60 (0.97) 2 $\pm$ 025	(0,85) $\pm$ 0,17	0.37 (0.96) 2 $\pm$ 0.31
Frequência de raios/mm'	5 (8) 11 $\pm$ 1,27	4 (8) 11 $\pm$ 1.66	3 (6) 12 $\pm$ 2.10	5 (9) 14 $\pm$ 1.61
Altura dos raios	162 (333) 742 $\pm$ 89,71	284 (909) 1635 $\pm$ 284.84	199 (634) 1589 $\pm$ 275.261	326 (606) 971 $\pm$ 146.87
Largura dos raios	17 (40) 63 $\pm$ 11,35	27 (48) 82 $\pm$ 11.81	21 (38) 58 $\pm$ 7.61	19 (44) 69 $\pm$ 10.05



**Quadro 2:** Parâmetros anatômicos da estrutura do lenho das espécies da subfamília Ixoroideae analisadas: (continua):

	<i>Amaioua guianensis</i>	<i>Cordia concolor</i>	<i>Randia armata</i>	<i>Posoqueria latifolia</i>
	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão	Mínimo (Média) Máximo ± Desvio Padrão
<b>Características</b>				
Frequência de vasos/mm <sup>2</sup>	14 (29) 61 ±7.60	16 (20) 24 ±2.55	42 (94) 139 ±30.33	46 (57) 79 ±6.78
Diâmetro tangencial do vaso	17 (60) 96 ±18.07	53 (90) 127 ±12.81	19 (29) 39 ±4.11	30 (51) 75 ±8.94
Comprimento dos elementos de vaso	556 (1036) 1586 ±209.80	472 (964) 1926 ±333.72	238 (716) 1058 ±145.52	641 (1234) 1806 ±248.13
Espessura da parede do vaso	2 (4) 7 ± 0.81	2 (4) 6 ±0.94	1 (2) 4 ±0.50	2 (3) 4 ±0.56
Pontoações intervasculares	1 (2) 3 ±0.52	3 (5) 6 ± 1.36	0.84 (1) 2 ±0.20	4 (5) 6 ±0.45
Comprimento das fibras	1155 (1867) 2491 ±265.34	1340 (1951) 2578 ±315.61	845 (1367) 1915 ±196.088	959 (2296) 3288 ±456.593
Diâmetro das fibras	19 (30) 43 ±4.69	23 (36) 53 ±6.33	13 (22) 50 ±5.68	21 (41) 77 ±11.35
Lúmen das fibras	2 (6) 12 ±1.88	6 (18) 34 ±6.20	2 (5) 13 ± 1.64	3 (7) 25 ±3.72

Espessura da parede das fibras	7 (12) 17 ±1.92	5 (9) 13 ±1.95	2 (9) 20 ±2.55	3 (15) 29 ±6.44
Pontoações das fibras	0.31 (0.50) 0.79 ±0.10	0.33 (0.53) 0.94 ±0.13	0.23 (0.44) 0.73 ±0.12	3 (5) 6 ±0.70
Frequência de raios/mm'	6 (15) 20 ±3.23	8 (12) 15 ±1.38	11 (18) 25 ±2.54	12 (14) 17 ±1.03
Altura dos raios	267 (852) 1766 ±319.99	541 (1092) 1808 ±325.54	195 (443) 824 ±152	279 (951) 1979 ±374.11
Largura dos raios	19 (41) 99 ±16.45	13 (45) 93 ±17.18	11 (23) 46 ±6.56	24 (46) 77 ±10.84

### 3.2 Análise de agrupamento e análise dos componentes principais (PCA)

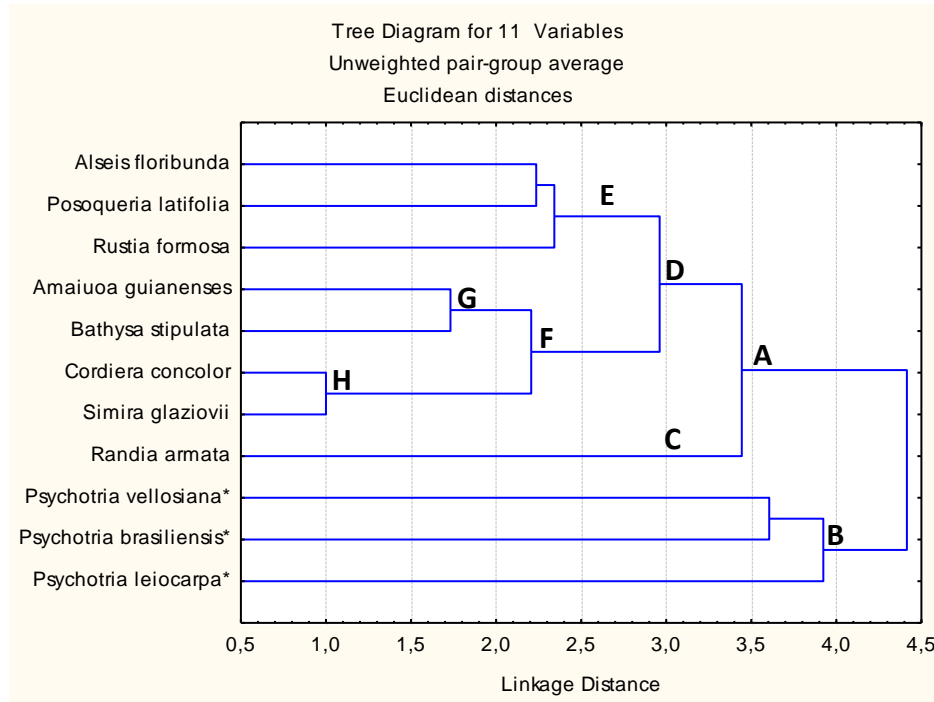
A análise de agrupamento (tabela 1) separou as espécies analisadas em dois grupos: A e B, o primeiro grupo formado pelas oito espécies da subfamília Ixoroideae e o segundo grupo formado pela subfamília Rubioideae, representada neste trabalho por três espécies do gênero *Psychotria* (Fig.: 22 A e B). Os principais caracteres para a individualização das subfamílias foram à presença ou ausência de células perfuradas de raio, de fibrotraqueídes e de placas de perfuração laterais.

A análise dos componentes principais (PCA) foi realizada com 28 variáveis (Tabela 1, Fig. 23) e comprovou os resultados obtidos com a análise de agrupamento para a segregação das espécies. As características anatômicas variaram dentro de dois fatores que, juntos, explicam 62,09 % da variância total. O fator 1 é responsável por 34,58 % desta variância e o fator 2 explica 27,51 %. O eixo 1 separou as espécies de Ixoroideae analisadas em dois grupos. O primeiro grupo formado por *Bathysa stipulata*, que se projetou positivamente principalmente pela presença de elementos de vaso agrupados em cachos e de placas de perfuração lateral. Em oposição, as espécies *Amaioua guianensis*, *Cordia concolor*, *Rustia formosa* e *Simira glaziovii*, que se projetaram negativamente no eixo 1, principalmente pela presença de fibras libriformes, células perfuradas de raio, cristais prismáticos e pelo comprimento das fibras entre 1601-1999  $\mu\text{m}$ .

O eixo 2 separou as espécies analisadas de Ixoroideae em dois grupos. O primeiro grupo formado por *Posoqueria latifolia*, que se projetou positivamente principalmente pela presença de placas de perfuração laterais e de fibrotraqueídes e pelo comprimento das fibras (>2000  $\mu\text{m}$ ) e frequência dos raios por  $\text{mm}^2$  (> 9 raios/ $\text{mm}^2$ ). Em oposição, a espécie *Randia armata* e *Alseis floribunda*, que se projetou negativamente no eixo 2, principalmente pela presença de fibras libriformes, células perfuradas de raio e comprimento das fibras entre 900-1600  $\mu\text{m}$ .

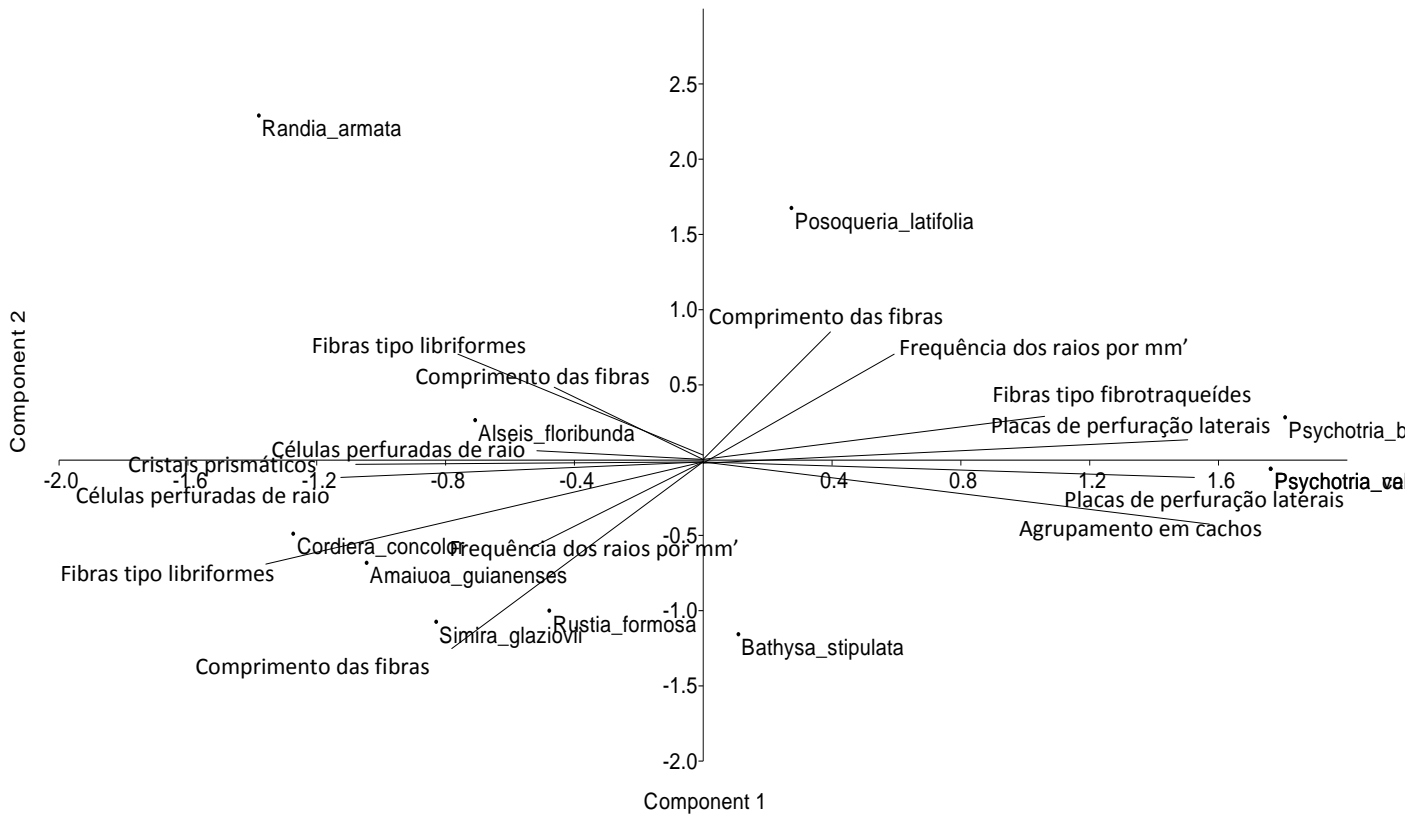


Figura 21 - Dendrograma



Legenda: Dendrograma elaborado a partir da análise de agrupamento da matriz de caracteres qualitativos (Tabela - 1) entre oito espécies analisadas. **A-** presença de células perfuradas de raio. **C-** altura dos raios (<0,5mm); **D-** Altura dos raios de 0,5 a 1 mm); **E-** largura do raio em números de células (1-3); **F-G-** ausência células de raio com paredes disjuntivas; **H-** presença de cristais prismáticos nas células de raio.

Figura 23 - Análise dos componentes principais



Legenda: Representação gráfica das variáveis que mais influenciaram na distribuição das espécies da subfamília Ixoroideae em dois fatores, com os dados anatómicos do lenho, características do lenho responsável por 62,09 % da variância.

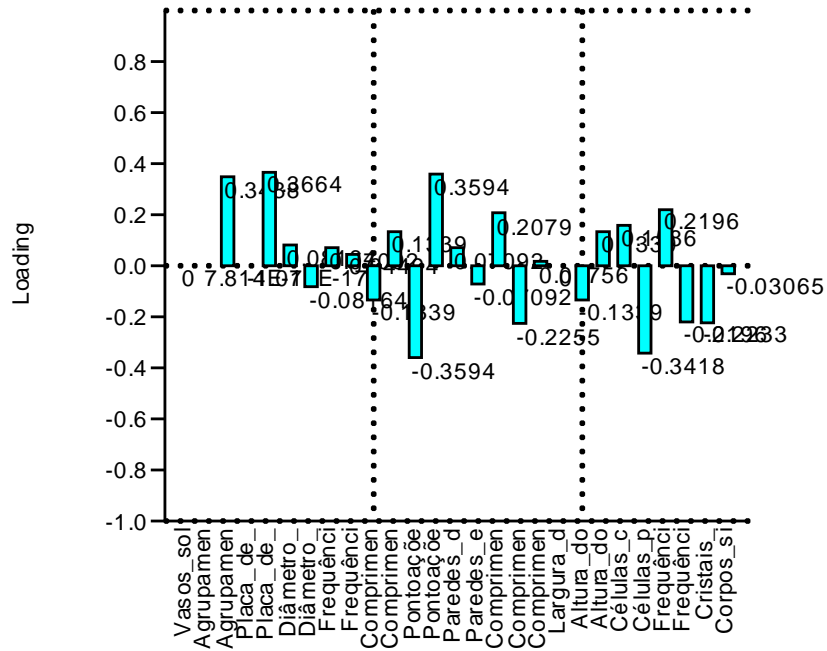


Gráfico 1 - Eixo 1 das análises dos componentes principais (PCA) demonstrando as principais características anatômicas do lenho para a distribuição das espécies.

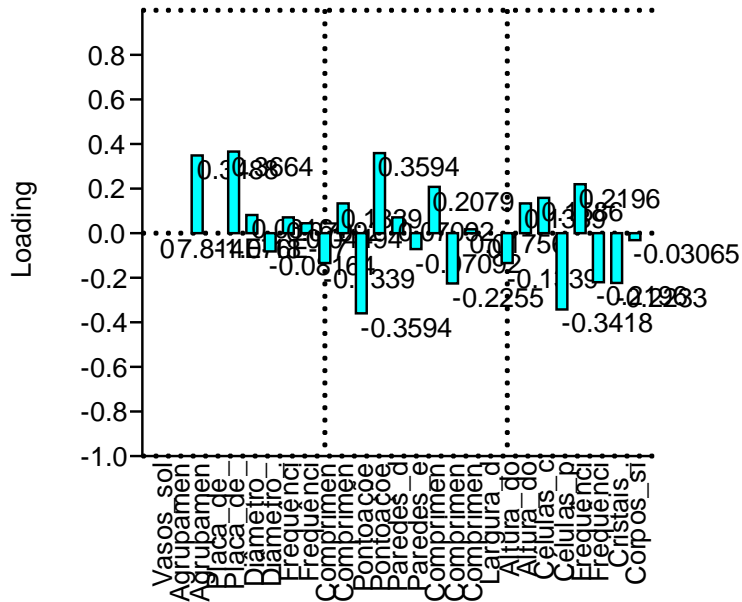


Gráfico 2 - Eixo 2 das análises dos componentes principais (PCA) demonstrando as principais características anatômicas do lenho para a distribuição das espécies.

**Tabela 1** - Matriz de presença (1) e ausência (0) dos caracteres anatômicos qualitativos e quantitativos do lenho avaliados para as oito espécies de Ixoroideae e três espécies de Rubioideae\* (\* descritas em MARQUES, 2012)

Características											
	<i>Alseis floribunda</i>	<i>Bathysa stipulata</i>	<i>Rustia formosa</i>	<i>Simira glaziovii</i>	<i>Amaioua guianensis</i>	<i>Cordia concolor</i>	<i>Randia armata</i>	<i>Posoqueria latifolia</i>	<i>Psychotria brasiliensis*</i>	<i>Psychotria carthagenensis*</i>	<i>Psychotria vellosiana*</i>
Agrupamento dos vasos em radial múltiplos até 4 elementos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agrupamento dos vasos radial múltiplos de 4 ou mais elementos	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Agrupamento dos vasos em cachos	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Vasos de contorno angular	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Vasos de contorno circular a oval	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Frequência dos vasos de 5 a 20 vasos/mm <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Frequência dos vasos de 20 a 40 vasos/mm <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Frequência dos vasos de 40 a 100 vasos/mm <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Placa de perfuração terminal	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Placa de perfuração lateral	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Diâmetro tangencial do vaso médio (< 50µm)	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
Diâmetro tangencial do vaso médio (50-100µm)	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
Comprimento médio do elemento de vaso (350 - 800 µm)	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Comprimento médio do elemento de vaso (≥ 800 µm)	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Pontoações intervasculares ≤4µm)	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Pontoações intervascular (4-7µm)	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Comprimento das fibras entre 900-1600 µm	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
Comprimento das fibras ≥ 1600 µm	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0



### 3.3 Chave qualitativa de identificação das madeiras das espécies da subfamília Ixoroideae (Rubiaceae) na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil

1. Presença de cristais prismáticos nas células dos raios\* ..... 2  
 1`. Ausência de cristais prismáticos nas células dos raios ..... 4
2. Presença de células disjuntivas nos raios ..... 3  
 2`. Ausência de células disjuntivas nos raios ..... ***Simira glaziovii***
3. Presença de células envolventes nos raios ..... ***Cordia concolor***  
 3`. Ausência de células envolventes nos raios ..... ***Randia armata***
4. Presença de corpos silicosos nas células dos raios ..... ***Rustia formosa***  
 4`. Ausência de corpos silicosos nas células dos raios ..... 5
5. Presença de células envolventes nos raios ..... 6  
 5`. Ausência de células envolventes nos raios..... ***Alseis floribunda***
6. Presença de parênquima apotraqueal difuso em agregado ..... 7  
 6`. Ausência de parênquima apotraqueal difuso em agregado..... ***Bathysa stipulata***
7. Presença de células disjuntivas nos raios..... ***Posoqueria latifolia***  
 7`. Ausência de células disjuntivas nos raios..... ***Amaioua guianenses***

\* Recomenda-se a observação sob luz polarizada.

## 4 DISCUSSÃO

Os caracteres anatômicos observados nas oito espécies estudadas estão em acordo com os citados na literatura para a família Rubiaceae e subfamília Ixoroideae (por exemplo: METCALFE & CHALK 1972; KOEK-NOORMAN 1970,1972, 1974; BARROS *et al.*, 1997. 2001, 2008; CALLADO & SILVA NETO 2003; JANSEN *et al.*, 2002; LÉON 2011; CASTELAR 2014).

Embora, a divisão em três subfamílias seja sustentada por análises morfológicas, anatômicas, palinológicas, fitoquímicas e moleculares (JANSEN *et al.*, 2002), a classificação em nível de tribos tem sido frequentemente objeto de revisões (BREMER *et al.*, 1995; BREMER 1996; PERSSON 1996; PERSSON 2000; BREMER & ERIKSSON 2009; KAINULAINEN *et al.*, 2010 e 2013; DELPRETE *et al.*, 2012; KAINULAINEN *et al.*, 2013). Neste trabalho, as espécies estudadas da subfamília Ixoroideae pertencem as tribos Condamineae, Gardenieae e Posoquerieae segundo revisão de Delprete *et al.*, (2004). Dentre essas tribos, Condamineae e Posoquerieae têm sido referidas como as de mais baixo suporte cladístico (KAINULAINEN *et al.*, 2010, 2013).

Tanto a análise de agrupamento quanto a análise dos componentes principais (PCA) com base em 28 características anatômicas do lenho reuniu as espécies do gênero *Psychotria* L., subfamília Rubioideae, a despeito de serem espécies de hábito arbóreo ou arbustivo (MARQUES, 2013). Este resultado permitiu segregar as espécies de cada subfamília em ramos e grupos distintos, todavia, as espécies da subfamília Ixoroideae estudadas não apresentaram agrupamento fenético em acordo com as tribos a que pertencem, corroborando a necessidade de novas investigações e informações mais completas no que se refere à organização nas tribos (DELPRETE *et al.*, 2012; KAINULAINEN *et al.*, 2013).

Jansen *et al.*, (2002) caracterizam a tribo Condamineae pela combinação de madeiras do tipo II de Koek-Noorman (1977) e frequente presença de inclusões inorgânicas do tipo areia cristalina nas células dos raios. As espécies *Alseis floribunda*, *Bathysa stipulata*, *Rustia formosa* e *Simira glaziovii*, estudadas neste trabalho, apresentaram fibras librifórmes septadas, parênquima axial ausente ou raro, vasos solitários e em arranjos radiais múltiplos de poucos elementos de vaso (2– 4 (6) elementos), que são características próprias do lenho tipo II. Entretanto,

essas espécies não podem ser enquadradas na descrição deste tipo de madeira, no que se refere às características dos raios, pois apresentam raios estreitos e formados por margens com poucas fileiras ou até muitas fileiras de células eretas ou quadradas, combinando, desta forma, com as características dos tipos I e II. Outro aspecto a se destacar é que em nenhuma das espécies estudadas foi observada a presença de areia cristalina. Somente *Rustia formosa* e *Simira glaziovii* apresentaram inclusões inorgânicas nas células dos raios. Em *Simira glaziovii*, as inclusões inorgânicas são tipo cristais prismáticos de oxalato de cálcio, o que corrobora as observações de Callado & Silva Neto (2003) para a espécie em questão. Em *Rustia formosa*, as inclusões são de sílica, o que até o momento não havia sido mencionado na literatura para esta espécie, gênero ou tribo (Koek-Noorman 1974; Jansen *et al.*, 2002). A presença dessas inclusões inorgânicas, em duas das quatro espécies estudadas da tribo Condamineae, pode resultar em uma nova análise para a reorganização da árvore filogenética com base nos caracteres da madeira, visto que a presença de inclusões minerais são importantes marcadores taxonômicos para a sistemática da subfamília Ixoroideae e da família Rubiaceae (JANSEN *et al.*, 2002). A presença de células de raio com paredes disjuntivas em *Rustia formosa* também foi um novo registro para a tribo Condamineae. Dentre as tribos estudadas neste trabalho, esta característica é referida na literatura como mais comum para a tribo Gardenieae (JANSEN *et al.*, 2002).

Jansen *et al.*, (2002) caracterizam a madeira da tribo *Gardenieae* pela presença de células de raio com paredes disjuntivas, cristais prismáticos nas células dos raios e lenho do tipo I de Koek-Noorman (1977). Neste trabalho, a tribo *Gardenieae* está representada pelas espécies *Amaioua guianenses*, *Cordia concolor* e *Randia armata*. Das espécies estudadas, somente *Cordia concolor* e *Randia armata* apresentaram células de raio com paredes disjuntivas e cristais prismáticos. Quanto a classificação do lenho segundo Koek-Noorman (1977), as espécies apresentaram vasos principalmente solitários e raios estreitos, que são características próprias do lenho tipo I. Entretanto, somente *Randia armata* e *Amaioua guianensis* apresentaram parênquima axial do tipo apotraqueal difuso e difuso em agregados. *Cordia concolor* apresentou fibras septadas e parênquima axial do tipo paratraqueal escasso o que representa uma característica do lenho do tipo II. As três espécies não podem ser enquadradas na descrição deste tipo de



madeira, no que se refere à presença de fibrotraqueídes e às margens dos raios, pois em todas as espécies estudadas suas fibras são libriformes e os raios, são formados por margens com poucas fileiras ou até muitas fileiras de células eretas ou quadradas, combinando, desta forma, características dos tipos I e II. A presença de parênquima axial em faixas estreitas, também típica das madeiras do tipo I e referida anteriormente para *Alibertia concolor* (JANSEN *et al.*, 2002), atual *Cordia concolor*, não foi observada nos indivíduos da espécie amostrados neste trabalho.

A tribo *Posoquerieae*, segregada da tribo *Gardenieae* por DELPRETE *et al.* (2004), é Neotropical e apresenta apenas dois gêneros *Posoqueria* Aubl. e *Molopanthera* Turcz. Jansen *et al.*, (2002) ao estudarem *Posoqueria latifolia*, caracterizam a madeira desta espécie como dos tipos I e II de Koek-Noorman (1977). A estrutura anatômica da madeira da espécie neste trabalho foi caracterizada pela presença de parênquima axial apotraqueal difuso e difuso em agregados, raios estreitos e fibrotraqueídes que são características próprias do lenho tipo I, em associação com vasos solitários e em arranjos radiais múltiplos de poucos elementos de vaso (2– 4 elementos), que são características próprias do lenho tipo II, corrobora a definição dos autores para a espécie em questão. Essas características corroboram as observadas para *Posoqueria latifolia* por outros autores (KOEK-NOORMAN 1972; JANSEN *et al.*, 2002; LÉON 2011). Todavia, a presença de corpos silicosos nas células de raio, referida por JANSEN *et al.*, (2002), não foi observada no material analisado neste trabalho, corroborando as observações de León (2011).

A classificação dos tipos de fibras é assunto que vem provocando controvérsias desde, CHALK, 1937; MILANEZ & MIRANDA BASTOS, 1960; IAWA 1989; HERENDEEN & MILLER 2000). Por consenso, as fibras são classificadas como fibrotraqueídes quando apresentam pontoações conspicuamente areoladas e câmaras de diâmetro superior a 3 µm e são classificadas como libriformes, quando apresentam pontoações simples ou com aréolas muito reduzidas e de diâmetro inferior a esta medida (IAWA, 1989). Das oito espécies analisadas, cinco apresentaram fibras com pontoações simples e duas espécies, *Cordia concolor* e *Amaioua guianensis*, apresentaram fibras com pontoações com aréolas pouco evidentes e de diâmetro inferior a 3 µm, sendo classificadas, por este motivo, como portadoras de fibras libriformes. Apenas *Posoqueria latifolia* (Posoquerieae)

apresentou pontoações conspicuamente areoladas com diâmetro superior a 3 µm, sendo então classificada como portadora de fibrotraqueídes.

A presença de inclusões inorgânicas na madeira é frequente em espécies tropicais e pode ser de alto valor taxonômico (FURUNO & COTE 1983). A observação de inclusões inorgânicas utilizando técnicas variadas, como por exemplo, a microscopia eletrônica de varredura com a combinação de microanálise tem sido de alta importância para a confirmação e identificação dessas inclusões (WELLE, 1980; TANIGUCHI *et al.*, 1980, 1981; SAIKI *et al.*, 1981; NANKO & COTE, 1980 & 1981; CALLADO, 1995)). A identificação da presença e da composição química das inclusões inorgânicas nas células de parênquima foram utilizadas na identificação de quatro das espécies estudadas, corroborando a afirmação de Jansen *et al.*, (2002) sobre a importância dessas inclusões na anatomia taxonômica e sistemática da subfamília Ixoroideae.

Células de raio com paredes disjuntivas ainda é considerada uma característica de difícil identificação e pouco referida nas descrições anatômicas da madeira. Sua estrutura, ontogenia e filogenia ainda necessitam de um maior número de investigações (KITIN *et al.*, 2009), porém seu potencial taxonômico é observado na *Lista de características microscópicas para identificação de madeiras de angiospermas* do IAWA Committe (1989). No presente trabalho, as células de raio com paredes disjuntivas foram melhor evidenciadas em material dissociado e sua presença foi utilizada na chave de identificação como critério de segregação para as espécies estudadas.

O potencial taxonômico das células envoltentes na anatomia da madeira podem ser observadas em alguns trabalhos na família Rubiaceae (por exemplo: JANSEN ET AL. 2002; CALLADO & SILVA NETO 2003; LÉON 2011; MARQUES, 2013; CASTELAR, 2014). Neste trabalho, esta característica foi importante para a utilização na identificação da chave como critério desagregação das espécies observadas.

A presença ou ausência do parênquima axial, assim como a forma em que ele está disposto, seja paratraqueal, apotraqueal ou em faixas, e, ainda, em acordo com suas respectivas subdivisões, podem ser específicas para determinados táxons (por exemplo: CHALK 1985; CALLADO & COSTA 1997; HERENDEEN & REGIS B. MILLER 2000). O parênquima axial pode ser de um único tipo em uma espécie ou se

apresentar combinando um ou mais tipos em uma única espécie (HERENDEEN & MILLER 2000). O parênquima axial apresenta grande importância taxonômica na família Rubiaceae (KOEK-NOORMAN 1969 b; METCALFE & CHALK 1972) e foi utilizado na árvore filogenética da subfamília Ixoroideae (JANSEN *et al.*, 2002). Neste trabalho, esta característica mostrou-se útil na construção da chave de identificação das espécies estudadas.

Em relação às espécies estudadas na presente descrição, *Alseis floribunda*, *Bathysa stipulata*, *Rustia formosa* *Simira glaziovii*, *Amaioua guianensis*, *Cordia concolor*, *Randia armata* e *Posoqueria latifolia* já haviam sido descritas na literatura (KRIBS 1928; METCALFE & CHALK 1950; MELLO 1950; METCALFE & CHALK 1972; KOEK-NOORMAN 1970, 1972, 1974 e 1977; BARROS *et al.*, 2001; CALLADO & SILVA NETO 2003; JANSEN *et al.*, 2002; LÉON 2011; CASTELAR 2014), cabendo destacar que nas amostras de *Bathysa stipulata* estudadas neste trabalho não foram observadas fibrotraqueídes, característica descrita por Barros *et al.*, (2001) e Castelar (2014). A ausência desta característica corrobora a descrição de Jansen *et al.*, (2002) que utiliza a presença das fibras libriformes para justificar a transferência de *Bathysa stipulata* da subfamília Cinchonoideae para subfamília Ixoroideae. Jansen *et al.*, (2002) também observou a presença de inclusões inorgânicas do tipo areia cristalina para esta espécie. Entretanto, nenhum tipo de inclusão inorgânica foi identificado para *Bathysa stipulata* nas amostras analisadas neste trabalho, o que corrobora as descrições de Metcalfe & Chalk 1972; Barros *et al.*, 2001 e Castelar 2014.

Em *Cordia concolor* não foram observados tilos, como é descrito por Koek-Noorman 1972. A ausência de tilos ou de qualquer outro depósito no interior dos elementos de vaso desta espécie ou das demais estudadas neste trabalho pode estar relacionada ao diâmetro reduzido dos elementos de vaso e das pontuações intervasculares, o que, de modo geral, não propiciam o desenvolvimento de obliterações nas células condutoras (Bonsen & Kucera, 1990). Callado & Silva Neto (2003), também não observaram tilos ou gomo-resinas nos elementos de vaso inativos para o transporte de água em três espécies de *Simira* Aubl., dentre elas *Simira glaziovii*, também estudada neste trabalho.

## CONCLUSÃO

- Os caracteres qualitativos da estrutura anatômica do lenho foram suficientes para a identificação de cada uma das oito espécies estudadas.
- Os caracteres anatômicos do lenho diagnósticos para a segregação e identificação das espécies estudadas foram: inclusões inorgânicas, células de raio com paredes disjuntivas, células envolventes e tipo de parênquima axial. Esses caracteres foram empregados na construção da chave de identificação das espécies lenhosas da subfamília Ixoroideae, no Parque Estadual da Ilha Grande.
- As análises realizadas sustentaram a divisão das espécies nas subfamílias Ixoroideae (oito espécies descritas neste trabalho) e Ruboideae (três como grupo externo obtidas em MARQUES 2013).
- As espécies estudadas de Ixoroideae não apresentaram organização em nível de tribos ratificando a necessidade de novas investigações e informações mais completas para melhor suporte cladístico neste nível hierárquico.
- Em relação as três árvores filogenéticas hipotéticas propostas por Jansen et al. (2002) para subfamília Ixoroideae, observa-se que:
  - a árvore baseada nos tipos de lenho estabelecido por Koek-Noorman (1977), precisa de reanálise, tendo em vista que as espécies estudadas neste trabalho das tribos Condamineae, Gardenieae e Posoquerieae podem apresentar tanto lenho do tipo I quanto do tipo II.
  - Embora os resultados obtidos neste trabalho sustentem a indicação da presença de cristais prismáticos no clado Gardenieae, corrobora-se a necessidade de revisão para a árvore proposta com base nas inclusões minerais, como já apontada por Callado & Silva Neto (2003). Isto se deve ao fato de que nenhuma das espécies estudadas da tribo Condamineae, apresentou areia cristalina como sugere seu respectivo clado. Soma-se ainda, o fato de que duas das espécies estudadas desta tribo apresentam cristais de oxalato de cálcio do tipo prismático (*Simira glaziovii*) e corpos silicosos (*Rustia formosa*).
  - A árvore baseada nos tipos de parênquima axial é a que melhor representa as características encontradas nas espécies estudadas em cada tribo. A única exceção é *Cordia concolor*, da tribo Gardenieae, que apresentou parênquima axial do tipo

paratraqueal escasso o que não é uma característica do clado ao qual a tribo está subordinada.

## REFERÊNCIAS

- ANDREASEN, K.; BREMER, B. Combined Phylogenetic analysis in the Rubiaceae-Ixoroideae: morphology, nuclear and chloroplast DNA data. **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1731-1748, 2000.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An ordinal classification of the families of flowering plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 85: 531–553. 1998.
- BARETTA-KUIPERS. Wood anatomy of Leguminosae: Its relevance to taxonomy. In: POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. (Ed.). **Advances in legumes systematics**. I. Kew: Royal Botanic Gardens, 1981. p. 677-705.
- BARROS, C.F.; CALLADO, C.H.; COSTA, C.G.; PUGIALLI, H.R.L.; CUNHA, M.; MARQUETE, O. **Madeiras da Mata Atlântica: Anatomia do lenho de espécies ocorrentes nos remanescentes florestais do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro**: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997. 86 p. v. 1
- BARROS, C.F.; CALLADO, C.H.; DA CUNHA, M.; FERREIRA-MARCON, M.L.; 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 - Rio de Janeiro**: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2008. 102 p. V.III
- 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 - Rio de Janeiro**: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ - 2001. 94p. Vol II.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Biblioteca Central. *Normas para apresentação de trabalhos*. 5. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 1995. 8 v. V. 1.: Livros e folhetos.
- BERGALO, H.G. FIDALGO, E.C.C., ROCHA, C.F.D., UZÊDA, M.C., COSTA, M.B., ALVES, M.A., VAN SLUYS, M., SANTOS, M.A., COSTA, T.C.C.; COZZOLINO, A.C.R. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. 1. Ed. Rio de Janeiro: *Instituto Biomas*, 2009. 344 p. v. 1.
- BONSEN, K.J.M. & KUCERA, L.J. . Vessel occlusions in plants: morphological, functional and evolutionary aspects. **IAWA Bull.**, v. 11, n. 3, p. 393-399, 1990.
- BREMER, B., Phylogenetic studies within Rubiaceae and relationships to other families based on molecular data. **Opera Botanica Belgica**. v. 7, p. 33-50. 1996.
- BREMER B., ANDREASEN K., OLSSON D. Subfamilial and tribal relationships in the Rubiaceae based on rbcL sequence data. **Ann. Missouri Bot. Gard.** v. 82, p. 383-397. 1995.

BREMER, B.; JANSEN, R. K.; OXELMAN, B.; BACKLUND, M.; LANTZ, H.; KIM, K. J. More characters or more taxa for robust phylogeneny: case study from the coffe family (Rubiaceae). **Sistematic Biology** v. 48, p. 413-435. 1999.

BREMER, B.; T. ERIKSSON. Time tree of Rubiaceae: Philogeny and dating the family, subfamilies and tribes. **Int. J. Plant Sci.** v. 170. P. 766-793. 2009.

BRIGGS, J. C. Tropical diversity and conservation. **Conservation Biology** v. 10. p: 713-718. 1996.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. Nobel, São Paulo. 154 p. 1991.

CALLADO, C. H. **Anatomia do lenho de quatro espécies do gênero *Beilschmiedia* Ness (Lauraceae) RJ**. 1995. Dissertação (Mestrado Botânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, 1995.

CALLADO, C.H.; COSTA, C.G. Wood anatomy of some *Anaueria* and *Beilschmiedia* species (Lauraceae) **IAWA Journal**, v. 18 (3), p. 247-259. 1997.

CALLADO, C.H.; SILVA NETO, S.J.; SCARANO, F.R.; BARROS, C.F.; COSTA, C.G. Anatomical Features of growth rings in flood-prone trees of The Atlantic Rain in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, v. 22 (1): p. 29-4. 2001.

CALLADO, C.; SILVA NETO, S.J. Anatomia do lenho de três espécies do gênero *Simira* Aubl. (Rubiaceae) da Floresta Atlântica no estado do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v 83. p. 23-33. 2003.

CALLADO, C. H.; BARROS, A. A. M.; RIBAS, L. A.; ALBARELLO, N.; GAGLIARDI, R. F.; JASCONE, C. E. S. Flora e vegetação da Ilha Grande. **In O ambiente da Ilha Grande** (M.P. Bastos & C.H. Callado, eds.). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. p.95-146.

CALLADO, C. H. Os anéis de crescimento no estudo da dinâmica populacional na Floresta Atlântica. In: Absy, M.L.; Matos, F.D. de A. & Amaral, I.L. do. (Org.). **Diversidade Vegetal Brasileira: conhecimento, conservação e uso**. 1ed. Manaus: **Sociedade Botânica do Brasil**, v. 1. 2010. p. 227-231.

CASTELAR J. V., **Anatomia Comparada do Lenho de Espécies de *Bathysa* c. Presl (Rubiaceae) de remanescentes florestais dos estados da Bahia e do Rio de Janeiro** 2014. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Estadual de Santa Cruz Ilhéus, BA, 2014.

CEZAR RIBEIRO M, METZGER J P, MARTENSEN A C, PONZONI F J, HIROTA M M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? **Implications for conservation. Biological Conservation**. 142: p. 1141–1153. 2009.

CHALK, L. The phylogenetic value of certain anatomical feature of Dicotyledonous woods. **Ann. Bot.** 1 (3). p. 409-428. 1937.

COPANT – **Comissão Panamericana de Normas Técnicas: Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira** - esquema I de recomendação. Colômbia, 1973. p. 1 - 19. v. 30.

CORADIN, V.T.R.A. A Anatomia da Madeira como Instrumento de Identificação Botânica: A experiência do IBAMA. In: Jardim, M.A.G.; BASTOS, M.N.C.; SANTOS, J.U.M. (Eds.). **Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: Inventário, Sistemização e Conservação da Diversidade Vegetal. 54º Congresso Nacional de Botânica e 3ª Reunião Amazônica. Belém.** Pa. 2003. p. 296

CORADIN, V.T.R.; MUNIZ, G.M.B. **Normas de procedimentos em Estudos de Anatomia de Madeira: I Angiospermae. II. Gimnospermae.** 1991. LPF. 15: p. 1-19.

CRONQUIST, A. **The Evolution and Classification of Flowering Plants.** 2 ed. The New York Botanical Garden, New York, 1988. 555 p.

DÁRIO, R. F. & ALMEIDA, A. F. Influência do corredor florestal sobre a Avifauna da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis** v. 58: p. 99-109. 2000.

DELPRETE, P.G. Rubiaceae. In: Smith, N.P. *et al.* (eds.). Flowering plant families of the American tropics. Princeton University Press, New York. **Botanical Garden Press.** p. 328-333. 2004.

DELPRETE, P. G.; JARDIM, J. G.: Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. **Rodriguésia.** v. 63(1). p. 101-128. 2012

DESSEIN, S.; JANSEN, S.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. A morphological and anatomical survey of Virectaria (African Rubiaceae), with a discussion of its taxonomic position. **Botanical Journal of the Linnean Society.** v. 137, p. 1-29. 2001.

DICKINSON, W. C. **Integrative Plant Anatomy.** Academic Press, San Diego, California. 2000. 207p.

FEDALDO, L.C.; MENDES, I.C.A & CORADIN V.T.R. **Madeira da Amazônia: 40 espécies ocorrentes na floresta nacional do Tapajós.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília 1989. p. 156

FURUNO, T.; CÔTE W. A.; observation of cell inclusions in Papua New Guinea Woods by means of SEM/EDXA. **IAWA Bulletin.** v 4 (4).1983.

GALETTI, M. & FERNANDEZ, J.C.. Palm heart harvesting in the Brazilian Atlantic forest: changes in industry structure and the illegal trade. **Journal of Applied Ecology** v. 35. p.294-301. 1998.



GASCON, C., WILLIAMSON, B. & FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science** v. 288. p. 1356-1358. 2000.

GENTRY, A. H. & EMMONS, L. H. Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forests. **Biotropica** v.19. p. 216-227. 1987.

GEVÚ, K.V. ; CUNHA, M. ; BARROS, C.F. ; PEREIRA, S.M. ; LIMA, H.R.P. Structural Analysis of Subterranean Organs in Zingiberaceae. **Plant Systematics and Evolution** (electronic version), 2013.

GIULIETTI, A.M., J.R. PIRANI; R.M. HARLEY. 1997. **Espinhaço range region. Eastern Brazil**. In: S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A.C. Hamilton (eds). Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation, Vol. 3. The Americas. p. 397-404. WWF/IUCN, Cambridge.

GLEASON, H.A.; CRONQUIST, A. **The Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae**. In: *The New Britton and Brown Illustrated Flora of the North-eastern United States and Adjacent Canada*, v.1. p. 482. 1968.

GUEDES-BRUNI, R.R.; LIMA, H.C. **Mountain ranges of Rio de Janeiro, Southeastern, Brazil**. In: Heywood, V.H. (Org.). *Centres of Plant Diversity: a guide and strategy for their conservation*. 1ª ed. Cambridge, IUCN Publication Unit. 1997. p. 376-379. vol. 3.

HERENDEEN, P.S. & MILLER R. B.; Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses. **IAWA Journal**, v. 21 (3). p. 247-276. 2000.

IAWA Committee. List of microscopic features for hardwood identification. International Association of Wood Anatomists Bulletin, 1989, n. 2, p. 219-332. v. 10

Instituto brasileiro de Florestas Disponível em: < <http://www.ibflorestas.org.br> Acessado em 23 ago. 2014.

JANSEN, S.E.; ROBBRECHT, E.; BEECKMAN & SMETS, E. Wood anatomy of the predominantly African representatives of the tribe Psychotrieae (Rubiaceae - Rubioideae). **IAWA Journal**. v.18(2). p.169-196. 1997.

JANSEN S., LENS, F.; NTORE, S.; PIESCHAERT, F.; ROBBRECHT, E.; SMETS, E. Contributions to the Wood Anatomy of the Rubioideae (Rubiaceae). **Journal of Plant Research** v. 14, p. 269-289. 2001.

JANSEN, S.; ROBBRECHT, E.; BEECKMAN, H. & SMETS, E. A survey of the systematic wood of the Rubiaceae. **IAWA Journal**. v.23(1). p.1-67. 2002.

JOHANSEN, D. **Plant microtechnic**. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 1940. 52p. V. 11

- JUDD, W. S, CAMPBELL, C. S, KELLOGG, E. A, STEVENS, P. F.; Plant systematics: a phylogenetic approach. Sunderland: Sinauer. 1999.
- KAINULAINEM, K.; PERSSON, C.; ERIKSSON, T.; BREMER, B. Molecular Systematics and Morphological Character Evolution of The Condamineae (Rubiaceae) **American Journal of Botany**. v. 97. p. 1961-1981. 2010.
- KAINULAINEN K.; RAZAFIMANDIMBISON S. G.; BREMER B. Phylogenetic relationships and new tribal delimitations in subfamily Ixoroideae (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**. v.173. p. 387–406. 2013.
- KITIN P.; BEECKMAN H.; FUJII T.; FUNADA R.; NOSHIRO S.; ABE H. What is disjunctive xylem parenchyma? A case study of the African Tropical hardwood *Okoubaka aubrevillei* (Santalaceae) **American Journal of Botany**. v. 96(8) p. 1399–1408. 2009.
- KOEK-NOORMAN, J. A contribution to the wood anatomy of South American (Chiefly Suriname) Rubiaceae. I. **Acta Bot. Neerl.** v.18(1). p.108-123. 1969a.
- KOEK-NOORMAN, J. A contribution to the wood anatomy of South American (Chiefly Suriname) Rubiaceae. II. **Acta Bot. Neerl.** v. 18(2). p. 377-395. 1969b.
- KOEK-NOORMAN, J. A contribution to the wood anatomy of the Cinchoneae, Coptosapelteae and Naucleaeae (Rubiaceae). **Acta Bot. Neerl.** v.19. p.154-164. 1970.
- KOEK-NOORMAN, J. The wood anatomy of Gardenieae, Ixoreae and Mussaendeae (Rubiaceae). **Acta Bot. Neerl.** v. 21. p. 301-320. 1972.
- KOEK-NOORMAN, J. & HOGEWEG, P. The wood anatom of Vanguerieae, Cinchoneae, Codamineae, and Rondeletieae (Rubiaceae). **Acta Bot. Neerl.** 23(5-6): 627-653. 1974.
- KOEK-NOORMAN, J. Systematische holzanatomie einiger Rubiaceen. **Ber. Deut. Bot. Ges.** v. 90. p.183-190. 1977.
- KOEK-NOORMAN, J. & PUFF, C. The wood anatomy of Rubiaceae tribe Anthospermeae and Paederieae. **Pl. Syst. Evol.** v.143. p. 17-25. 1983.
- KOEK-NOORMAN, J. & C. PUFF. The wood anatomy of Paederia L. (Rubiaceae–Paederieae). In: C. Puff (ed.), The genus Paederia L. (Rubiaceae–Paederieae): a multidisciplinary study. **Opera Bot. Belg.** v.3. p. 35– 40. 1991.
- KRIBS, D.A. The Persaud Collection of British Guiana woods. **Trop. Woods**. v.13. p. 7– 46. 1928.
- LEITÃO-FILHO, H. F. Consideração sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **Revista IPEF** v.35. p. 41-46. 1987.

LENS, F.; JANSEN, S.; ROBBRECHT, E. & SMETS, E. Wood anatomy of the Vanguerieae (Ixoroidea-Rubiaceae), with special emphasis on some geofrutices. **IAWA Journal**. v.21(4). p. 443-455. 2000.

LÉON W. J. H. Anatomía de la madera de 31 especies de Rubiaceae en Venezuela. **Acta bot. venez.** v. 34 (2). p. 347-379. 2011

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical Ecology: A primer on methods and computing**, New York: John Wiley & Sons, 1988. 368 p.

MANÃO, C.Y'G. **Composição florística e estrutura da comunidade arbustivo-arbórea de um trecho de floresta submontana na vertente sudeste do Parque Estadual da Ilha Grande, Angra dos Reis / RJ**. 2011 Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes, 2011.

MANTOVANI, W. **Delimitação do bioma Mata Atlântica: implicações legais e conservacionistas. Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. 1° ed. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza. 2003. p. 287-295.

MARQUES, J. B. C. **Anatomia Comparada do Lenho de Espécies de *Psycotria* L. (Rubiaceae) da Ilha Grande, RJ**. 2012. Dissertação. Universidade Estadual Norte Fluminense, 2012.

MELLO, E. C. **Estudo dendrológico de essências florestais do Parque Nacional do Itatiaia e os caracteres anatômicos de seus lenhos**. 1950. Boletim nº 2.

METCALFE, C.R.; L. CHALK. **Anatomy of the Dicotyledons**. 2ª ed. Clarendon Press. Oxford. 1985. p. 297. v. II.

METCALFE, C.R & L. CHALK. **Anatomy of Dicotyledons leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy**. Clarendon Press. Oxford. 1972. p.1041-1053. v. II

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of Dicotyledons**. Clarendon Press, Oxford. 1950. v. 1.

MILANEZ, F. R.; MIRANDA BASTOS, A. **Glossário de termos usados em anatomia da madeira**. 1960. p. 27.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** v. 403. p. 853-858. 2000.

NANKO, H.; W.A. CÔTE. Bark structure of hardwoods grown on southern pine sites. **Syracuse Univ. Press, Syracuse, New York**. 1980.

NANKO, H. & W.A. CÔTE. Phloem fibers containing sílica in secondary phloem of Magnolia and Aphananthe. (Japanese). **Presentation Summary of the 31 st Annual Meeting of the Japan Wood Research Society, Tokyo**. v. 70. 1981.

OLIVEIRA, R. R. & COELHO-NETO, A. L. Processos Interativos homem-floresta na evolução da paisagem da Ilha Grande, RJ. **Revista do Departamento de Geografia - UERJ**, v. 8. p. 29-38. 2000.

PERSSON, C. Phylogeny of the Gardenieae (Rubiaceae). **Bot. J. Linn. Soc.** v. 121. p. 91–109. 1996.

PERSSON, C. Phylogeny of the neotropical Alibertia group (Rubiaceae), with emphasis on the genus Alibertia, inferred from ITS and 5S ribosomal DNA sequences. **Amer. J. Bot.** v. 87. p. 1018–1028. 2000.

PIESSCHAERT, F.; JANSEN, S.; JAIMES, IVAN; ROBBRECHT, E.; SMETS, E., Morphology, anatomy, and taxonomic position of Pagameopsis (Rubiaceae-Rubioideae) **Brittonia** v. 53. p.490-504. 2000.

POSTEK, M.T.; HOWARD, K, S.; JOHNSON, A. H. & MCMICHAEL, K. L. **Scanning Electron Microscopy**. 1980. Ed. Ladd Research Industries.

QUINET, A.; CALLADO, C. H.; BARROS, C. F.; LIMA, H. C.; BRAGA, J. M.; LIMA, M. P. M.; GUEDES-BRUNI, R. R.; DRUMOND, R. M. A. P.; SILVA NETO, S. J.; PESSOA, S. V. A., 2000. **Mata Atlântica, 500 anos**. CD-ROM. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2000

ROBBRECHT, E. Tropical Woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. **Opera Bot. Belg.** v. 1. p. 1-271. 1988.

ROGERS, G.K. Gleasonia, Henriquezia, and Platycarpum (Rubiaceae). **Flora Neotropica Mon.**, No. v. 39. 1984.

ROGERS, G.K. The wood anatomy of *Gleasonia*, *Henriquezia*, and *Platycarpum* (Rubiaceae) and its bearing on their classification: some new considerations. **Brittonia**. v. 33. p. 461-465. 1981.

ROSA, L. P. G. **Florística e fitossociologia da Floresta Atlântica montana no Parque Estadual da Ilha Grande, RJ**. 2013 Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, 2013.

ROVA, J.H.E.; DELPRETE, P.G.; ANDERSSON, L. & ALBERT, V.A. A trnL-F cpDNA sequence study of the Condamineae-Rondeletieae-Sipaneeae complex with implications on the phylogeny of the Rubiaceae. **American Journal of Botany**. v. 89. p. 145-159. 2002.

ROVA, J.H.E.; ANDERSSON, L.; DELPRETE, P.G. & ALBERT, V.A. Macrophylogeny of the Rubiaceae from trnL-F sequence data. Abstract of the AIBS meetings, Canada. **Amer. J. Bot.** v. 84. p. 227. 1997.

- SAIKI, H., A.C. DAY & W.A. CÔTE. Studies on deposits in vessels of some tropical woods using SEM/EDXA. (Japanese). Presentation Summary of the 31<sup>st</sup> **Annual Meeting of the Japan Wood Research Society**, Tokyo: 1981.
- SALGADO CM, VASQUEZ N.D. Clima. In: Bastos M, Callado CH, organizadores. **O ambiente da Ilha Grande**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro. 2009. p 7-20.
- SASS, J.E. Elements of botanical microtechnique. Mc. Graw-Hill Book Company Inc., New York – London, 122p., 1958.
- SILVA NETO, S.J. DA. **Rubiaceae do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil**. Tese (Doutorado em Botânica) 2006. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- STEHMANN, J.R. **Endemismos de Plantas Vasculares na Mata Atlântica: Rubiaceae**. Minas Gerais: UFMG, 2008. Disponível em: <<http://www.ucb.ufmg.br/bot/mataatlantica/familias/Rubiaceae.htm>>. Acesso em: 13 set. 2011.
- STRASBURGER, E. **Handbook of Practical Botany**. New York: MacMillan, p. 532. 1924.
- TABARELLI, M., J.M.C. SILVA & C. GASCON. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**. v. 13. p. 1419- 1425. 2004.
- TAKHTAJAN, A. Outline of the Classification of Flowering Plants (Magnoliophyta). Bot. Rev. 46: 225-359. Ter Welle, B.J.H.; Loureiro, A.A.; Lisboa, P.L.B. & KOEK-NOORMAN, J. 1983. Systematic wood anatomy of the tribe Guettardeae (Rubiaceae). **Bot. J. Linn. Soc.** v. 87. p. 13-28. 1980.
- TANIGUCHI, T., H. HARADA & K. NAKATO. Identification of inorganic deposits in wood by EDXA. (Japanese). **Presentation Summary of the 30th Annual Meeting of the Japan Wood Research Society**, Kyoto: 66. 1980.
- TANIGUCHI, T., H. HARADA & K. NAKATO. Structure of deposits in tropical woods. (Japanese). **Presentation Summary of the 31<sup>st</sup> Annual Meeting of the Japan Wood Research Society**, Tokyo: 72. 1981.
- VELOSO, H.P.; FILHO, A.L.R.R.; LIMA, J.C.A. de. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1991. p. 123.
- WELLE, B.J.H. ter. Cystoliths in the secondary xylem of Sparattanthelium (Hernandiaceae). **IAWA Journal**. p. 43-48. 1980.
- ZAR, J. H. **Bioestatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall. 3. ed. 1996. p. 663.