

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANATOMIA DO LENHO DO GÊNERO *Calycophyllum* A.
DC. (RUBIACEAE)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Talita Baldin

Santa Maria, RS, Brasil.

2015

**ANATOMIA DO LENHO DO GÊNERO *Calycophyllum* A. DC.
(RUBIACEAE)**

Talita Baldin

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Tecnologia da Madeira, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal.**

Orientador: Prof. Dr. José Newton Cardoso Marchiori

Santa Maria, RS, Brasil.

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Baldin, Talita
Anatomia do lenho do gênero *Calycophyllum* A. DC.
(Rubiaceae). / Talita Baldin.-2015.
134 p.; 30cm

Orientador: José Newton Cardoso Marchiori
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2015

1. Anatomia da madeira 2. Taxonomia 3. Rubiaceae I.
Marchiori, José Newton Cardoso II. Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Talita Baldin. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: talita.baldin@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ANATOMIA DO LENHO DO GÊNERO *Calycophyllum* A. DC.
(RUBIACEAE)**

elaborada por
Talita Baldin

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Newton Cardoso Marchiori, Prof. Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Luciano Denardi, Prof. Dr. (UFSM)

Sidinei Rodrigues dos Santos, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 24 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só foi possível graças à colaboração direta ou indireta de muitas pessoas. Manifesto minha sincera gratidão a todas elas, e de modo especial:

- aos meus pais, Renato Baldin e Marlete Baldin, por me concederem a vida e acreditarem nos meus ideais;
- ao meu irmão Michel Baldin, que mesmo tão distante, tem me dedicado muito amor, carinho e apoio;
- ao prof. Dr. José Newton Cardoso Marchiori, meu orientador, pela confiança, orientação, ensinamentos e amizade;
- ao professor e amigo Dr. Luciano Denardi, pelo grande apoio em todas as etapas da minha formação acadêmica, e por quem eu tenho profundo respeito e admiração;
- aos professores da minha trajetória, que comigo compartilharam todo esse aprendizado;
- aos meus amigos, pelos momentos de descontração e alegria, e pela serenidade de cada instante;
- ao meu grande amigo Régis Villanova Longhi, pela paciência, dedicação e por toda ajuda durante esses dois anos de convivência;
- à Anelise M. Siegloch, pelos valiosos conselhos visando o aprimoramento deste trabalho;
- aos amigos Guilherme Magro e Paulo Fernando, pela leitura e sugestões deste trabalho;
- à Universidade Federal de Santa Maria, por todas as oportunidades oferecidas, e ao CNPq, pela bolsa de estudos, sem a qual seria inviável a elaboração desta dissertação.

*“Eu me conheço bem, mas sei que posso me surpreender
comigo mesmo, a qualquer minuto.”*

(Martha Medeiros)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

ANATOMIA DO LENHO DO GÊNERO *Calycophyllum* A. DC. (RUBIACEAE)

AUTORA: TALITA BALDIN

ORIENTADOR: JOSÉ NEWTON CARDOSO MARCHIORI
Santa Maria, 24 de fevereiro de 2015.

Rubiaceae é uma das principais famílias botânicas das Angiospermas Dicotiledôneas, sendo a quarta com o maior número de representantes e, ainda que cosmopolitas, suas espécies encontram-se, preferencialmente, nas regiões mais quentes do globo. Desde sua descrição original a família passou por algumas mudanças taxonômicas, em razão da expressiva diversidade morfológica de suas espécies. O estudo de espécies do gênero *Calycophyllum* A. DC. (*C. spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum* e *C. spruceanum*) visa a fornecer informações a respeito de caracteres anatômicos da madeira de valor taxonômico, formar grupos de afinidades anatômicas, comparar as espécies, bem como investigar a relação entre a anatomia e a tecnologia da madeira. O material analisado é proveniente de diferentes instituições científicas, tais como o Jodrell Laboratory (Kew Gardens, Londres), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT) e a Universidade alemã Black Forest Academy (BFA). Para a obtenção de lâminas histológicas e de macerado utilizou-se respectivamente, a técnica padrão (BURGER; RICHTER, 1991) e o método de Franklin modificado (KRAUS; ARDUIN, 1997). As descrições anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Santa Maria e seguiram as recomendações do IAWA Committee (1989). Na análise de agrupamento foram utilizados caracteres anatômicos do lenho das espécies descritas no presente estudo, e também os de outras espécies de Rubiaceae, descritas na literatura. A maior parte das características anatômicas concorda com o padrão típico das Rubiaceae, e permite agrupá-las na estrutura de lenho denominada tipo II, porém discorda do padrão anatômico referido para a subfamília Ixoroideae. Conforme análise de agrupamento, quatro grupos principais foram reconhecidos. As espécies do gênero *Calycophyllum* formaram agrupamentos altamente semelhantes entre si, o que remete a uma grande homogeneidade estrutural de suas madeiras, reflexo do elevado número de caracteres anatômicos compartilhados. É pressuposto que as características anatômicas do lenho das espécies investigadas, conferem à madeira uma alta massa específica, resistência a esforços mecânicos, baixa contração volumétrica, permeabilidade e boa durabilidade natural.

Palavras-chave: Anatomia da madeira. Taxonomia. Rubiaceae.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Master's Degree program in Forest Engineering
Federal University of Santa Maria

WOOD ANATOMY OF THE *Calycophyllum* A. DC GENUS (RUBIACEAE)

AUTHOR: TALITA BALDIN

ADVISOR: JOSÉ NEWTON CARDOSO MARCHIORI
Santa Maria, February, 24th, 2015.

The Rubiaceae family is one of the main botanical families of Flowering Plants Dicotyledonous, being the fourth with the largest number of representatives and, even being cosmopolitan, their species are preferably the warmer regions. Since its original description, the family went through some taxonomic changes because of their significant morphological diversity. The study of species of the genus *Calycophyllum* A. DC. (*C. spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum* e *C. spruceanum*) aims to provide information about anatomical characters of taxonomic value, recognize the affinity of anatomical groups, comparing the species and investigate the relationship between anatomy and wood technology. The wood samples were gained from different scientific institutions, such as the Jodrell Laboratory (Kew Gardens, London), the Institute of Technological Research of the State of São Paulo (IPT) and the German University Black Forest Academy (BFA). The cutting blades and macerate were obtained by using the standard technique (BURGER; RICHTER, 1991) and the modified method of Franklin (KRAUS; ARDUIN, 1997), respectively. The wood descriptions were performed in the wood anatomy lab, Federal University of Santa Maria, and followed the recommendations of the IAWA Committee (1989). The cluster analysis included anatomical characters of the species described in this study and also those of other species of Rubiaceae described in the literature. Most anatomical characteristics agreed with the common pattern described in the Rubiaceae family, and allowed grouping them in the wood structure type II. These characteristics however, did not match with the anatomical pattern of the Ixoroideae subfamily. The cluster analysis recognized four main groups. The species of the genus *Calycophyllum* formed highly similar grouping with each other, which indicates a large structural homogeneity of their woods, more likely due to the high number of shared anatomical features. It is assumed that the anatomical characteristics of wood species investigated confer to the timber high specific gravity, resistance to mechanical stress, low shrinkage, permeability and good natural durability.

Key words: Wood anatomy. Taxonomy. Rubiaceae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Distribuição natural de algumas espécies do gênero *Calycophyllum* 38
- Figura 2 – Fotomicrografias do lenho da amostra BFA 8217. A – Parênquima axial paratraqueal abundante na madeira (seção transversal). B, C – Mesma seção, em maior aumento. D – Tecido de parênquima axial, em seção longitudinal radial. E – Fibras septadas, e raras, e parênquima axial (seção longitudinal tangencial). F – Mesma seção, em maior aumento, com pontoações intervasculares de tamanho nitidamente maior 58
- Figura 3 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*. A – Porosidade difusa, poros muito numerosos, solitários, em múltiplos radiais e escassos racemos, com frequente contato com as células de raio (seção transversal). B – Mesma seção, em maior aumento, destacando um limite do anel de crescimento, poros de seção arredondada, tendente a oval, e múltiplos radiais. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células procumbentes ao centro, e células quadradas e eretas nas margens; elementos vasculares com placas de perfuração simples. D – Seção longitudinal radial, em maior aumento, mostrando a ocorrência de areia cristalina e depósitos. E – Aspecto da seção longitudinal tangencial, com raios predominantemente tetrasseridados e fibras libriformes, septadas. F – Mesma seção, em maior aumento, evidenciando pontoações intervasculares pequenas e ornamentadas, e fibras septadas..... 60
- Figura 4 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum candidissimum*. A – Limite do anel de crescimento, poros extremamente numerosos, solitários, em múltiplos radiais e escassos racemiformes; porosidade difusa (seção transversal). B – Poros arredondados, tendente a ovais, tocando as células de raio, e fibras de paredes espessas no lenho tardio (seção transversal). C – Raios heterogêneos, com células procumbentes ao centro, e margens quadradas e eretas, depósitos evidentes (seção longitudinal radial). D – Célula perfurada de raio e elementos vasculares com placas de perfuração simples (seção longitudinal radial). E – Raios uni a tetrasseridados (seção longitudinal tangencial). F – Mesma seção, em maior aumento, evidenciando as fibras libriformes septadas 62
- Figura 5 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum multiflorum*. A – Limite do anel de crescimento, porosidade difusa, poros extremamente numerosos, solitários, em múltiplos radiais e racemiformes (seção transversal). B – Mesmo plano anatômico, destacando fibras de paredes achatadas radialmente no limite do anel e vasos em contato frequente com células de raio. C – Raio heterogêneo, com células procumbentes ao centro, e margens de células quadradas e eretas (seção longitudinal radial). D – Mesma seção, em maior aumento, salientando fibras libriformes septadas, depósitos e areia cristalina no parênquima radial. E – Seção longitudinal tangencial, evidenciando raios uni e bisseridados, em sua maioria, e elementos vasculares com placas de perfuração simples, oblíquas. F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, ornamentadas, diminutas, e fibras septadas (seção longitudinal tangencial) 65

- Figura 6 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum spruceanum*. A – Poros muito numerosos, solitários, múltiplos radiais e escassos racemos, frequentemente tocando as células de raio; máculas medulares (seção transversal). B – Mesma seção, em maior aumento, destacando anel de crescimento demarcado por fibras radialmente estreitas, e pelo alargamento dos raios; poros arredondados, tendentes a ovais. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células procumbentes ao centro, e margens de células quadradas e eretas. D – Seção longitudinal radial, em maior aumento, evidenciando a presença de areia cristalina e depósitos. E – Aspecto da seção longitudinal tangencial, evidenciando raios com 1 a 5 (ou mais) células de largura. F – Fibras libriformes, septadas, e raios uni e multisseriados (seção longitudinal tangencial) 67
- Figura 7 – Volume percentual médio dos diferentes tecidos nas quatro espécies em estudo 70
- Figura 8 – Seção transversal da madeira, evidenciando porosidade difusa e anéis de crescimento distintos, visualizados por fibras de menor diâmetro radial e paredes mais espessas no final do lenho tardio, bem como pelo alargamento de raios na transição do anel. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*. B – *Calycophyllum candidissimum*. C – *Calycophyllum multiflorum*. D – *Calycophyllum multiflorum*, em maior aumento. E – *Calycophyllum spruceanum*. F – Mesma espécie, em maior aumento 71
- Figura 9 – Abundância média de poros (poros/mm²) das espécies descritas 74
- Figura 10 – Comprimento médio de elementos vasculares e apêndices no material em estudo 76
- Figura 11 – Elementos vasculares com apêndices longos, em ambas ou em apenas uma extremidade, e placas de perfuração simples (macerado). A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*. B - *Calycophyllum candidissimum*. C, D – *Calycophyllum multiflorum*. E, F – *Calycophyllum spruceanum* 78
- Figura 12 – Pontoações intervasculares e raio-vasculares. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, com pontoações alternas, pequenas e ornamentadas em plano longitudinal tangencial. B – Mesma espécie, com pontoações raio-vasculares alternas, ornamentadas, diminutas (seção longitudinal radial). C – Pontoações intervasculares ornamentadas, alternas e de tamanho pequeno, em *Calycophyllum candidissimum* (seção longitudinal tangencial). D – *Calycophyllum multiflorum*, com pontoações ornamentadas, alternas e pequenas (seção longitudinal tangencial). E – Mesma espécie, com pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares, embora de menor tamanho (seção longitudinal radial). F – Seção longitudinal radial, evidenciando pontoações raio-vasculares em *Calycophyllum spruceanum*. 80
- Figura 13 – Raios heterogêneos em espécies de *Calycophyllum* (seção longitudinal radial), com células procumbentes, ao centro, e curta margem de células quadradas e eretas. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, com 1 a 3 fileiras de células marginais. B – *Calycophyllum candidissimum*, com 5-19 fileiras de células no corpo central, e 1-5 fileiras marginais. C, D –

	<i>Calycophyllum multiflorum</i> , com raios notavelmente mais baixos do que nas demais espécies. E, F – <i>Calycophyllum spruceanum</i> , com até 52 fileiras de células procumbentes no corpo central	85
Figura 14 –	Porcentagem das diferentes classes de raios quanto à largura em número de células.....	86
Figura 15 –	Altura média de raios	86
Figura 16 –	Largura de raios, em número de células (seção longitudinal tangencial). A – <i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i> , lenho com raios em sua maioria tetrasseriados. B – <i>Calycophyllum candidissimum</i> , com raios predominantemente trisseriados. C, D – <i>Calycophyllum multiflorum</i> , com predomínio de raios bisseriados. E, F – <i>Calycophyllum spruceanum</i> , com predominância de raios tri e tetrasseriado	87
Figura 17 –	Altura do corpo central e das margens de raios multisseriados	88
Figura 18 –	Abundância média de raios no material examinado.....	89
Figura 19 –	Células perfuradas de raio. A – <i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i> , em plano longitudinal radial, com células perfuradas na margem de raio. B – Mesma espécie, com células perfuradas de raio vistas em plano longitudinal tangencial (seta 1). C – <i>Calycophyllum candidissimum</i> , com células perfuradas na margem de raio (plano longitudinal radial). D – Mesma espécie, evidenciando células perfuradas, em plano longitudinal tangencial (seta 2). E – Células perfuradas de raio em <i>Calycophyllum multiflorum</i> . F – Células perfuradas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> vistas em plano longitudinal radial	91
Figura 20 –	Depósitos e areia cristalina nas células de raio (plano longitudinal radial). A – <i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i> , cristais em forma de areia (seta 1), e depósitos (seta 2). B – <i>Calycophyllum candidissimum</i> , evidenciando areia cristalina (seta 3), e depósitos (seta 4). C – <i>Calycophyllum multiflorum</i> , com depósitos em células radiais (seta 5). D – Mesma espécie, em maior aumento, mostrando cristais em forma de areia (seta 6). E, F – <i>Calycophyllum spruceanum</i> , com depósitos (seta 7) e, em maior aumento, areia cristalina (seta 8).....	93
Figura 21 –	Comprimento de fibras.....	94
Figura 22 –	Fibras libriformes septadas. A – Fibras de paredes delgadas a espessas, em <i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i> (seção transversal). B – Faixa com 1-5 fileiras de fibras com paredes mais espessas e radialmente achatadas no limite do anel de crescimento, em <i>Calycophyllum multiflorum</i> (seção transversal). C – Fibras médias de <i>Calycophyllum multiflorum</i> (macerado). D – Fibra de parede delgada a espessa (<i>Calycophyllum multiflorum</i> , macerado). E – Fibras septadas em corte longitudinal tangencial de <i>Calycophyllum spruceanum</i> . F – Fibras médias de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (macerado).....	96

Figura 23 – Espessura de parede de fibras nas espécies em estudo 97

Figura 24 – Dendrograma de agrupamento, com base na distância de Jaccard e método UPGMA. O retângulo em torno dos números 2, 3, 1 e 4 destaca as espécies de *Calycophyllum* investigadas. 1 - *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*; 2 - *Calycophyllum candidissimum*; 3 - *Calycophyllum multiflorum*; 4 - *Calycophyllum spruceanum*; 5 - *Warszewiczia coccinea*; 6 - *Posoqueria latifolia*; 7 - *Posoqueria panamensis*; 8 - *Duroia fusifera*; 9 - *Bertiera guianensis*; 10 - *Amaioua corymbosa*; 11 - *Amaioua guianensis*; 12 - *Simira rubescens*; 13 - *Simira glaziovii*; 14 - *Simira pikia*; 15 - *Simira rubra*; 16 - *Randia ferox*; 17 - *Chimarrhis cymosa*; 18 - *Genipa americana*; 19 - *Alseis abatioides*; 20 - *Morinda peduncularis*; 21 - *Psychotria bernardii*; 22 - *Psychotria irwinii*; 23 - *Psychotria poeppigiana*; 24 - *Psychotria berteriana*; 25 - *Pagamea capitata*; 26 - *Pagamea plicata*; 27 - *Rudgea crassiloba*; 28 - *Rudgea hostmanniana*; 29 - *Cephalanthus glabratus*; 30 - *Bathysa cuspidata*; 31 - *Uncaria guianensis*; 32 - *Uncaria tomentosa*; 33 - *Chomelia venezuelensis*; 34 - *Cinchona pubescens*; 35 - *Cosmibuena randiflora*; 36 - *Guettarda crispiflora*; 37 - *Guettarda elliptica*; 38 - *Isertia hypoleuca*; 39 - *Ladenbergia lambertiana*; 40 - *Remijia densiflora*; 41 - *Remijia pacimonica* 104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Divisão taxonômica da família Rubiaceae em 3 subfamílias e 42 tribos.....	32
Tabela 2 –	Principais características das três subfamílias de Rubiaceae, com ênfase em gêneros Neotropicais	32
Tabela 3 –	Amostras investigadas.....	50
Tabela 4 –	Espécies de Rubiaceae utilizadas na análise de agrupamento e suas respectivas subfamílias.....	53
Tabela 5 –	Espécies e caracteres utilizados na análise de agrupamento	99

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Dados quantitativos do lenho de <i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>Brasiliensis</i>.....	131
Apêndice B – Dados quantitativos do lenho de <i>Calycophyllum candidissimum</i>.....	132
Apêndice C – Dados quantitativos do lenho de <i>Calycophyllum multiflorum</i>.....	133
Apêndice D – Dados quantitativos do lenho de <i>Calycophyllum spruceanum</i>	134

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	OBJETIVOS	25
2.1	Objetivo geral	25
2.2	Objetivos específicos	25
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1	A família Rubiaceae	27
3.1.1	Considerações taxonômicas	27
3.1.2	Características morfológicas	34
3.1.3	Importância econômica	36
3.2	O gênero <i>Calycophyllum</i> A. DC.	37
3.3	Importância de estudos em Anatomia da Madeira	41
3.4	Características anatômicas do lenho na família Rubiaceae	44
4	MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1	Espécies estudadas	49
4.2	Microtécnica	50
4.3	Fotomicrografias	51
4.4	Descrições dos lenhos	51
4.5	Medições e contagens microscópicas	52
4.6	Análise de agrupamento	52
4.7	Processamento dos dados	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1	Descrição microscópica dos lenhos	57
5.1.1	<i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i> K.Schum.	59
5.1.2	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	61
5.1.3	<i>Calycophyllum multiflorum</i> Griseb.	63
5.1.4	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex Schum.	66
5.2	Análise da estrutura anatômica das espécies descritas	68
5.2.1	Análise comparativa dos elementos estruturais do xilema	68
5.2.2	Anéis de crescimento e porosidade	70
5.2.3	Elementos vasculares	73
5.2.4	Parênquima axial	82
5.2.5	Raios	83
5.2	6 Fibras	94
5.3	Análise de agrupamento	97
5.4	Relação entre os caracteres anatômicos e as propriedades da madeira	106
5.5	Chave dicotômica	109
6	CONCLUSÃO	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	APÊNDICES	129

1 INTRODUÇÃO

A anatomia da madeira é o ramo da ciência Botânica que busca investigar os diversos tipos de células que compõem o lenho (xilema secundário), suas funções, organização e peculiaridades estruturais. Aliada à morfologia externa, a análise microscópica da madeira auxilia na identificação de espécies, gêneros ou famílias botânicas, assumindo, inclusive, importância prática, pois viabiliza, muitas vezes, a identificação de toras de madeira ou de exsicatas de herbário desprovidas de órgãos reprodutivos.

O conhecimento da estrutura interna dos vegetais além de permitir a distinção de espécies aparentemente idênticas, colabora para estudos em taxonomia vegetal, visto que caracteres microscópicos são largamente empregados na classificação de espécies e no estabelecimento de relacionamentos entre as mesmas ou grupos taxonômicos superiores. De fato, a grande contribuição da anatomia da madeira para a taxonomia é a de fornecer uma nova série de caracteres para a comparação, os quais, combinados com outros já reconhecidos, podem ajudar no esclarecimento da verdadeira relação natural entre as plantas.

Estudos sobre anatomia do lenho possibilitam, igualmente, uma apreensão empírica do seu comportamento tecnológico, permitindo inferir determinadas características físicas e mecânicas da madeira, além do seu correto emprego conforme determinada finalidade. Outrossim, a caracterização da madeira pelo seu exame minucioso tem grande interesse prático para a indústria madeireira e, por representar o único meio seguro de identificação, fornece aos vendedores e compradores dessa valiosa matéria prima a necessária garantia de que carecem, no tocante à lisura da transação.

As Rubiáceas, objeto do presente estudo, tratam-se de uma das famílias mais complexas do ponto de vista taxonômico, fato comprovado pelas inúmeras alterações ocorrentes ao longo dos anos na sua organização interna. A classificação sistemática define que a família Rubiaceae pertence ao grupo das *Asteridae*, subgrupo das *Euasteridae* I, ordem *Gentianales* (APG III, 2009). Pesquisas filogenéticas recentes, com base em dados moleculares, sugerem a sua segregação em três subfamílias: Rubioideae, Cinchonoideae e Ixoroideae, e até o presente momento 42 tribos foram catalogadas. Tais concepções são igualmente referidas por pesquisadores dedicados à resolução de problemas taxonômicos na família, como: Andersson (1995); Bremer et al. (1995); Delprete (1996); Persson (1996);

Andreasen e Bremer (1996); Lens et al. (2000); Jansen et al. (2002); Robbrecht e Manen (2006) e Bremer e Eriksson (2009).

Atualmente, Rubiaceae está entre as quatro famílias mais numerosas do reino vegetal, apresentando distribuição geográfica limitada às regiões mais quentes do globo. Do ponto de vista econômico, mostra-se com reduzida importância madeireira, porém inclui espécies de grande valor econômico, como o café (*Coffea arabica*), além de plantas ornamentais (*Gardenia* spp., *Ixora* spp., *Mussaenda* spp.) e de uso medicinal (*Cinchona* sp., *Psychotria* sp.).

Dentre os representantes da família encontra-se o gênero *Calycophyllum* A. DC., reunindo até o presente momento cerca de 20 binômios. Tratam-se de árvores de porte médio a grande, nativas, preferencialmente, da América Tropical e, na flora brasileira, da região Amazônica. Destacam-se entre as espécies mais conhecidas: *Calycophyllum acreanum* Ducke, *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) D.C., *Calycophyllum multiflorum* Griseb., *Calycophyllum obovatum* (Ducke) Ducke, *Calycophyllum papillosum* J. H. Kirkbr., *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum. e *Calycophyllum tefense* J.H.Kirkbr.

O gênero foi pouco pesquisado até o presente momento sob o ponto de vista anatômico e usos da madeira, carecendo a literatura de trabalhos aprofundados sobre as espécies. Igualmente, são escassas as referências sobre seu posicionamento taxonômico. A razão pela qual as espécies de *Calycophyllum* foram pouco exploradas, pode ser atribuída primeiramente a complexidade taxonômica da família Rubiaceae, e pelo seu elevado número de espécies, bem como pela uniformidade na estrutura de suas madeiras.

Nesse sentido, o estudo anatômico de quatro espécies do gênero *Calycophyllum* pretende contribuir para o maior conhecimento estrutural das madeiras do gênero, bem como auxiliar nas questões taxonômicas internas da família.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Descrever detalhadamente a estrutura microscópica do xilema secundário das seguintes espécies de Rubiaceae: *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* K.Schum.; *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) D.C.; *Calycophyllum multiflorum* Griseb. e *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum.

2.2 Objetivos específicos

Com objetivos específicos o presente trabalho visa a:

- Investigar caracteres anatômicos de valor taxonômico, para a identificação ou distinção das espécies estudadas;
- Verificar a formação de grupos, mediante a dissimilaridade (similaridade) das espécies descritas, com o aporte de referências da literatura;
- Investigar caracteres anatômicos de cunho tecnológico, predizendo caracteres desejáveis para utilização da madeira das espécies estudadas;
- Elaborar uma chave dicotômica para identificação das espécies envolvidas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A família Rubiaceae

3.1.1 Considerações taxonômicas

A família Rubiaceae Juss., descrita por Antoine Laurent de Jussieu em 1789, deriva seu nome do gênero *Rubia* L. (*Rubium*, em latim), relativo à tinta vermelha produzida pelas raízes de plantas deste gênero, utilizadas para tingir tecidos (CRONQUIST, 1981).

Na classificação do Reino das Plantas, as Rubiaceae inserem-se no grande grupo das Angiospermas. Judd et al. (2009) referem que o termo Angiosperma significa “semente protegida” (do grego *angio*, “vaso”, e *sperma*, “semente”), e que essas plantas são conhecidas vulgarmente por folhosas, termo distintivo de coníferas, aplicado ao grupo das Gimnospermas. Caracterizadas pela produção de flores e frutos, as Angiospermas reúnem a maior parte das plantas verdes, vasculares e com sementes, e apresentam notável plasticidade evolutiva, o que confere ao grupo, segundo o autor, um grande número de representantes (cerca de 257.000 espécies), distribuídos por todo o globo.

Estudos recentes de filogenia, que incluem análise de DNA e componentes químicos, confirmam as Angiospermas como a divisão mais evoluída do Reino Vegetal (JUDD et al., 2009).

A família das Rubiaceae é a quarta com maior número de espécies, sendo superada somente pelas Orchidaceae Juss., Asteraceae Bercht. & J.Presl e Fabaceae Lindl. (MÓL, 2010). Conforme Judd et al. (2009), a família abrange cerca de 9.000 espécies e 550 gêneros, dentre os quais destacam-se: *Psychotria* (1500 spp.), *Galium* (400), *Ixora* (400), *Pavetta* (400), *Hedyotis* (400), *Terrenna* (370), *Randia* (250), *Gardenia* (250), *Palicourea* (250), *Mussaenda* (200), *Borreria* (150) e *Rondeletia* (125).

As Rubiáceas apresentam distribuição cosmopolita; a maior parte das espécies, todavia, habitam as regiões mais quentes do globo, principalmente nos trópicos, onde crescem mais de 75% de todas as espécies, diminuindo em direção norte e sul, de forma que, na América do Norte, ocorrem somente 49 espécies (1,2% do total), 56 no Chile (1,4%), 120 no

sul da África (3%), e 75 (cerca de 2% do total) na Austrália extra-tropical (CHIQUIERI et al., 2004).

De acordo com o mesmo autor, as formações florestais da América do Sul superam em número de representantes de Rubiaceae todas as regiões terrestres, com 1.200 espécies (30% do total), seguida pela Malásia, com 607 espécies (15%).

No Brasil, conforme Souza e Lorenzi (2008), ocorrem cerca de 120 gêneros e 2.000 espécies de Rubiaceae, o que a torna uma das principais famílias de nossa flora. Distribuídas nas diversas formações vegetacionais, a família, entretanto, apresenta maior representatividade na Mata Atlântica, especialmente no estrato arbustivo (GOMES, 1996).

Souza et al., (1997) salientam as Rubiaceae como uma das quatro principais famílias de Angiospermas encontradas na vegetação ripária do Brasil.

Em trabalho recente, Delprete e Jardim (2012) expõem que as Rubiáceas são especialmente diversificadas na Bacia Amazônica, em florestas andinas, bem como nos cerrados (incluindo campos rupestres), caatingas, restingas e na Floresta Atlântica do Brasil. Os autores reforçam, que os dois principais centros de endemismo da Região Neotropical encontram-se nas terras altas da Guiana e nas Grandes Antilhas.

Desde sua descrição original, a família passou por algumas mudanças quanto à delimitação taxonômica e, ainda hoje, sua macrossistemática é bastante debatida, sendo um dos motivos desta discussão a sua expressiva diversidade morfológica (ROVA et al., 2002). Bremer et al., (1995) expõem que as Rubiaceae são de difícil classificação em nível de subfamília.

Para Bremer (2009), investigar a filogenia de uma espécie não prediz apenas seu potencial para a classificação e sistemática, mas infere na sua utilização em estudos de diversidade, pesquisas anatômicas, morfológicas, biogeográficas e ecológicas, onde a evolução dos taxa e dos caracteres podem ser usados num contexto de comparação.

Inúmeras reorganizações ocorreram ao longo da evolução na classificação sistemática das Rubiaceae. Inicialmente, a classificação levava em conta poucos caracteres morfológicos, relativos, principalmente, ao tipo de fruto, número de lóculos do ovário, número de óvulos por lóculo, presença de alas nas sementes e forma da inflorescência (SCHUMANN, 1889). Mais tarde, com avanços na área de filogenia e sistemática, a organização dos grupos deixou de ser essencialmente morfológica, acrescentando-se, nas análises das espécies, variáveis de cunho genético.

De acordo com pesquisas do Angiosperm Phylogeny Group (APG II, 2003; APG III, 2009), a família constitui um conjunto monofilético dentro do grande grupo *Asteridae*, subgrupo *Euasteridae* I, e ordem *Gentianales*.

Muitas classificações para o nível de subfamílias foram propostas no intuito de organizar a taxonomia das Rubiáceas. Schumann (1891), segregou-as, inicialmente, em duas subfamílias, de acordo com o número de óvulos por lóculo do ovário: Cinchonoideae, com numerosas sementes por lóculo; e Coffeoidae com uma única semente por lóculo. A classificação das tribos baseou-se, principalmente, no tipo de fruto e na natureza das sementes. O gênero *Calycophyllum*, objeto do presente estudo, foi inserido na tribo Cinchoneae, e subfamília Cinchonoideae. Posteriormente, esta classificação foi praticamente rejeitada pelos taxonomistas.

Verdcourt (1958) propôs a segregação da família nas subfamílias Rubioideae, Cinchonoideae e Guettardoideae (=Antirheoideae), com base na presença ou ausência de ráfides, bem como em outras características morfológicas, tais como prefloração da corola, heterostilia, escassez ou abundância de endosperma, número de óvulos por lóculo, e tipo de fruto. As tribos foram definidas, criteriosamente, pelo número de óvulos por lóculo, placentação, tipo de fruto e estrutura do grão de pólen.

Com base nos mesmos caracteres morfológicos, Bremekamp (1954, 1966) propôs a separação da família em oito, e não em três subfamílias, como sugerido por Verdcourt (1958). O autor manteve a organização das subfamílias Rubioideae e Guettardoideae, mas rearranjou e desmembrou Cinchonoideae. A concepção foi melhor aceita, por correlacionar e associar caracteres primitivos e evoluídos.

Na classificação de Robbrecht (1988), o número de subfamílias foi novamente reduzido, sendo reconhecidas quatro subfamílias (Rubioideae, Cinchonoideae, Antirheoideae e Ixoroideae) e 39 tribos. A principal diferença dessa organização, face às anteriormente apresentadas, é a adição da subfamília Ixoroideae, além da delimitação mais ampla das Antirheoideae. As características morfológicas usadas em combinação para delimitar a nova subfamília, referem-se, principalmente, ao tipo de placentação, biologia floral, morfologia e anatomia de frutos e sementes.

Com o aumento do número de caracteres utilizados no reconhecimento de grupos infrafamiliares ocorreram alterações na classificação da família (BREMEEKAMP, 1952; VERDCOURT, 1958; BREMEKAMP, 1966; ROBBRECHT, 1988). Mais recentemente, com a utilização de caracteres moleculares para as reconstruções filogenéticas, principalmente em níveis hierárquicos mais elevados, comprovou-se que vários táxones definidos por caracteres

morfológicos não eram monofiléticos, e que vários gêneros estavam equivocadamente posicionados em tribos (ANDERSSON; ROVA, 1999).

Nesse sentido, fica evidente que a circunscrição dos grupos em Rubiaceae tornou-se melhor esclarecida com o desenvolvimento de estudos filogenéticos baseados em dados morfológicos, anatômicos e/ou moleculares. A primeira tentativa de reconstruir a filogenia da família com base em dados moleculares foi publicada em 1991, por Bremer e Jansen, no *American Journal of Botany*. Os dados de mapeamento eram provenientes da região do cloroplasto (cpDNA) e incluíram 161 novos caracteres, para 33 táxons e gêneros, representando 17 tribos diferentes. Várias relações sugeridas em classificações anteriores, por Bremekamp (1954, 1966), Verdcourt (1958), Bridson e Verdcourt (1988), e Robbrecht (1988) foram confirmados, e relacionamentos inéditos foram propostos.

Esta reconstrução teve notável importância para o gênero *Calycophyllum*, vinculado à tribo Condamineae, que migrou da subfamília Cinchonoideae, anteriormente classificado por Schumann (1891), para Ixoroideae.

Nos últimos anos, o número de estudos filogenéticos em Rubiaceae aumentou consideravelmente, citando-se além de Bremer e Jansen (1991), os estudos de Bremer et al. (1995), de Natali et al. (1995) e de Andersson e Rova (1999), que investigaram a classificação da família por caracteres moleculares, bem como de Andersson (1995), Delprete (1996) e Persson (1996), baseados em estudos morfológicos, e os de Andreasen e Bremer (1996), Bremer et al. (1995), e Robbrecht e Manen (2006), pela combinação de análises moleculares e morfológicas.

Seguramente, análises combinadas estão se tornando cada vez mais comuns em estudos filogenéticos (QIU et al., 1999; CAMERON et al., 1999). Dados morfológicos e moleculares, tanto de cloroplastos e DNA nuclear, são analisados simultaneamente.

A classificação mais recente da família, baseada em filogenia molecular de 534 espécies e 329 gêneros (cerca da metade dos gêneros de Rubiaceae), levou em conta sequências de cinco regiões do cloroplasto (*rbcL*, *trnT-F*, *rps16*, *atpBrbcL*, *ndhF*) e foi publicada por Bremer e Eriksson (2009). Os dados permitem o reconhecimento de apenas três subfamílias: Rubioideae (18 tribos), Cinchonoideae (9 tribos) e Ixoroideae (15 tribos), resumidas na Tabela 1, além da tribo Coptosapelteae, que deve constituir subfamília distinta, pois não se encaixa em nenhum dos grupos anteriores, corroborando estudos recentes de anatomia do lenho na família (JANSEN et al., 2002; LENS et al., 2000).

Tabela 1 – Divisão taxonômica da família Rubiaceae em 3 subfamílias e 42 tribos

Subfamília	Rubioideae	Ixoroideae	Cinchonoideae
Tribos	Anthospermeae	Alberteae	Chiococceae
	Argostemmateae	Bertiereae	Cinchoneae
	Coussareeae	Coffeae	Guettardeae
	Craterispermeae	Condamineae	Hamelieae
	Danaideae	Cremsporeae	Hillieae
	Gaertnereae	Gardenieae	Hymenodictyeae
	Knoxieae	Ixoroae	Isertieae
	Lasiantheae	Mussaendeae	Naucleae
	Morindeae	Octotropideae	Rondeletieae
	Ophiorrhizeae	Pavetteae	
	Paederieae	Posoquerieae	
	Psychotrieae	Retinyphylleae	
	Putorieae	Sabiceae	
	Rubieae	Sipaneeae	
	Schradereae	Vanguerieae	
	Spermacoceae		
	Teligoneae		
Urophyllaeae			
Total	18	15	9

Fonte: Bremer e Eriksson (2009).

Cinchonoideae, a menor das subfamílias, reúne, aproximadamente, 1.500 espécies, em sua maioria árvores pequenas e arbustos, com prefloração imbricada ou valvar e distribuição paleotropical, embora concentrada no continente americano (BREMER; ERIKSSON, 2009).

As Rubioideae compreendem numerosas espécies de ervas e arbustos. Robbrecht e Manen (2006) e Bremer e Eriksson (2009), reportam, para a subfamília, a ocorrência de prefloração valvar, ráfides de oxalato de cálcio, e de indumento de tricomas articulados. Embora cosmopolitas, as Rubiaceae são predominantemente tropicais ou subtropicais, comentam os autores.

De acordo com Bremer e Eriksson (2009), trata-se da subfamília melhor circunscrita de Rubiaceae em termos filogenéticos, embora apenas uma minoria de seus gêneros e espécies terem seu histórico filogenético desvendado, em função do elevado número de representantes, incluindo cerca de 11 dos 20 maiores gêneros de Rubiaceae, que perfazem cerca de 40% da família (aproximadamente 5.000 espécies).

No tocante ao gênero *Calycophyllum*, objeto da presente obra, Bremer (2009) o inclui na subfamília Ixoroideae e na tribo Condamineae.

Com cerca de um quinto de todos os gêneros de Rubiaceae, as Ixoroideae abrangem 15 tribos e incluem dois dos gêneros mais conhecidos da família: *Coffea*, de grande importância econômica, e *Gardenia* largamente cultivado pelo valor ornamental de suas espécies (BREMER, 2009).

A subfamília Ixoroideae abriga árvores ou arbustos de prefloração variável, em sua maioria valvar ou imbricada. Seus representantes possuem distribuição pantropical e pansubtropical (BREMER; ERIKSSON, 2009).

Descrita morfológicamente por Bremekamp (1966), as Ixoroideae incluem espécies com apresentação secundária de pólen, estípulas interpeciolares e diferentes tipos de frutos carnosos, características consideradas de alto valor taxonômico.

Um resumo das principais características morfológicas das subfamílias, usadas como embasamento inicial para diferenciação das espécies, é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 2 – Principais características das três subfamílias de Rubiaceae, com ênfase em gêneros Neotropicais

(continua)

	Cinchonoideae	Ixoroideae	Rubioideae
Hábito	Árvores, arbustos e lianas	Árvores, arbustos, ervas e trepadeiras	A maioria ervas e arbustos, raras árvores
Estípulas	Inteiras, raramente bifurcadas (não fimbriadas)	Inteiras, raramente bifurcadas (não fimbriadas)	Inteiras, bifurcadas ou fimbriadas
Sépalas petaloídes	Ausente (presente em <i>Kerianthera</i>)	Presente em muitos gêneros (ou ausente)	Ausente (presente em <i>Oreopolus</i>)
Simetria floral	Actinomorfa (zigomorfa em	Actinomorfa (zigomorfa em <i>Henriquezieae</i> e	Actinomorfa (Corola de tubo basal curvo em

Tabela 2 – Principais características das três subfamílias de Rubiaceae, com ênfase em gêneros Neotropicais

(conclusão)

	Cinchonoideae	Ixoroideae	Rubioideae
	<i>Coutarea e Hillia</i>)	<i>Posoquerieae</i>)	<i>Palicoureae</i>)
Inserção dos estames	Na base, no meio do tubo ou perto do início da corola	No meio do tubo da corola ou perto do início	No meio do tubo, ou perto do início da corola
Ráfides ou oxalato de Cálcio	Ausente na maioria (presente apenas em <i>Hillia e Hamelia</i>)	Ausente	Presente

Fonte: Delprete e Souza, 2004.

Sobre a taxonomia de Ixoroideae, Andreasen et al. (1999) e Andersson e Rova (1999) incluíram na subfamília diversos gêneros historicamente posicionados em Cinchonoideae, bem como alguns representantes das tribos Condamineae, Cinchoneae, Rondeletieae e Hippotideae.

Apesar do grande volume de pesquisas correlatas à subfamília, principalmente com *Alberteae*, *Bertiereae*, *Coffeae*, *Cremsporeae*, *Gardenieae*, *Octotropideae* e *Pavetteae* (CROS et al., 1998), e da revisão dos gêneros *Condaminea*, *Chimarrhis*, *Parachimarrhis*, *Pogonopus* e *Rustia*, desenvolvida por Delprete (1999), grande parte dos relacionamentos entre as tribos ainda não estão bem esclarecidos, evidenciando a necessidade de estudos mais aprofundados (CROS et al., 1998).

Recentemente, uma filogenia da tribo Condamineae foi publicada por Kainulainen et al. (2010). De grande relevância para a ciência, esta obra é adotada como referência para definições e delimitações dentro da mesma. Como bem salientado pelo autor, é evidente a necessidade de novos estudos taxonômicos e morfológicos comparativos, sobretudo para *Bathysa*, *Calycophyllum*, *Elaeagia*, *Macrocnemum* e *Pentagonia*, com vistas a completar essa lacuna na literatura.

Sobre à flora da América do Sul, alguns pesquisadores merecem destaque na elaboração de circunscrições taxonômicas sobre Rubiaceae: Cabral e Bacigalupo (1999, 2001, 2005), que propuseram mudanças nomenclaturais para algumas espécies e reconheceram novidades na flora brasileira e boliviana; Mendoza et al. (2004), que elaboraram um guia

ilustrado das Rubiaceae da Colômbia, incluindo 114 gêneros; e Cabral e Salas (2007), que descreveram alguns exemplares da Argentina.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre taxonomia de Rubiaceae foram apresentados na Flora Brasiliensis, organizada por Martius, e devem-se a Müller (1881) e Schumann (1888, 1889). Com 99 gêneros e 1.043 espécies descritas, esta pesquisa teve grande importância em seu tempo e ainda hoje é usada como base para qualquer estudo sobre a taxonomia da família.

A descrição de novos gêneros e espécies, bem como novas combinações de gêneros, tem contribuído para o conhecimento da diversidade da Rubiaceae na flora brasileira. Nesse sentido, destacam-se os trabalhos de Delprete (1999), Mendaçolli (2003), Delprete e Souza (2004), e Silva Neto e Ávila (2007). A literatura da família inclui, ainda, pesquisas pontuais, restritas a determinados gêneros ou regiões do país.

Corroborando o exposto até o presente momento, Bremer (2009) salienta que para uma classificação mais definitiva da família Rubiaceae, e o melhor entendimento das circunscrições dos subgrupos, torna-se necessária a análise de um número maior de gêneros, cabendo salientar que, até o presente, mais de 200 gêneros ainda não foram abordados em estudos moleculares.

3.1.2 Características morfológicas

Reunindo representantes de hábitos variados, a família abrange ervas, subarbustos, arbustos e árvores, havendo escassas lianas, e raras epífitas (*Hillia* Jacq., por exemplo). Mais de 80% dos gêneros são constituídos, predominantemente, por espécies lenhosas (ROBBRECHT, 1988). Conforme Taylor et al. (2007) a maioria das Rubiaceae são árvores de pequeno porte ou arbustos do subosque.

A família é facilmente reconhecida em campo pela presença de folhas simples, geralmente oposto-cruzadas, com margem inteira, venação peninérvea, e, ocasionalmente, pequenas domácias nas axilas abaxiais das nervuras laterais do limbo, bem como pela presença de estípulas interpeciolares, comumente conatas, por vezes transformadas em folhas ou espinhos (TAYLOR et al., 2007).

De ocorrência frequente em Rubiaceae, as domácias (do grego *domatium* = casa pequena) são, por vezes, taxonomicamente informativas, pelo menos para a separação de espécies. Também chamadas de “acarodomácias”, por abrigarem pequenos ácaros que vivem

nas folhas e desenvolvem uma relação simbiótica-mutualista com a planta, pois ajudam na proteção contra herbívoros e fungos, esses lóculos também alojam larvas ou pequenos animais. Localizadas, preferencialmente, na axila de nervuras secundárias com a principal, as domácias assumem variadas formas e tamanhos nas distintas espécies, apresentando-se, comumente, como tufo de pêlos (BARROS, 1961).

Como principais características de Rubiaceae, Barroso et al. (1991) destacam: estípulas interpeciolares bem desenvolvidas, parecendo ligar o pecíolo de folhas opostas ou verticiladas; a presença de tricomas glandulares especializados, denominados de coléteres; a estrutura da parede do pólen; o ovário comumente ínfero, com exceção de algumas espécies do gênero *Pagamea* Aubl.; e a ausência de floema incluso.

Nos gêneros, tribos e subfamílias de Rubiaceae é frequente a ocorrência de ráfides, caráter interpretado como de grande valor taxonômico para a família. Ráfides são feixes de minúsculos cristais aciculares, facilmente identificados com lupa, encontrados em células do tecido foliar, no caule, flores e frutos. Aparentemente, essas estruturas possuem a função de proteção contra herbívoros (QUINTEIRO et al., 2006).

Na morfologia das Rubiáceas, Judd et al. (2009) salientam: inflorescências determinadas, ocasionalmente reduzidas a uma flor solitária, terminal ou axilar; flores vistosas, geralmente bissexuais e radiais, habitualmente heterostílicas, diclamídeas e actinomorfas; pétalas geralmente 4 ou 5, conatas, delimitando uma corola em forma de disco ou funiforme, pubescente na superfície adaxial, com lobos valvados, imbricados ou contortos; estames em número igual ao de pétalas, com filetes geralmente adnatos à corola; ovário ínfero, comumente de placentação axial; e flor caracterizada pela presença de disco nectarífero acima do ovário.

Taylor et al. (2007) reconhecem uma grande variação na forma, tamanho e cores em flores, responsáveis pela atração de um grande número de polinizadores para a família, sendo rara a polinização anemófila, sobretudo na Região Neotropical. Segundo o mesmo autor, os frutos carnosos também variam em cor e tamanho, sendo dispersos por pássaros, morcegos ou pequenos mamíferos. Judd et al. (2009) distinguem frutos do tipo cápsula loculicida ou septícida, baya ou drupa, esquizocarpo ou baya indeiscente, sementes por vezes aladas, embrião reto a curvo, endosperma presente ou ausente.

3.1.3 Importância econômica

Embora pouco valorizadas sob o ponto de vista econômico, algumas espécies de Rubiaceae prestam-se a usos locais, em muitas partes do mundo. As sementes de *Coffea arabica* e *C. robusta* constituem a matéria prima do café, bebida estimulante largamente utilizada e muito rica em cafeína. O quinino, um fármaco empregado no tratamento da malária, provém da casca de espécies de *Cinchona*. A ipeca, substância utilizada para induzir o vômito, provém de espécies de *Psychotria* (JUDD et al., 2009).

Relatos de Costa (2006) apontam para a importância econômica e farmacêutica de várias espécies de Rubiaceae. A família é quimicamente rica em metabólitos secundários, notadamente da classe dos iridóides, terpenóides, flavonóides, taninos, quinonas e, principalmente, alcalóides. Esses compostos já foram detectados em diversas espécies, com significativas variações estruturais entre as diferentes subfamílias. Os alcalóides constituem-se num vasto grupo de metabólitos nitrogenados, com grande diversidade estrutural e atividade biológica, notadamente como antiinflamatório, antioxidante (SHAEEN et al., 2005) e broncodilatador (ZHU et al., 2005). Devido à grande variedade de alcalóides presentes em quase todas as espécies, muitas delas são utilizadas como fontes primárias de medicamentos naturais, alucinógenos e venenos (DELPRETE; SOUZA, 2004).

O jenipapo (*Genipa americana* L.) tem grande importância ecológica e econômica, tanto pelo uso em plantios mistos em áreas degradadas e de preservação permanente, como pela produção de alimentos (ANDRADE et al., 2000).

Exemplares do gênero *Spermacoce* são muito usados em medicina caseira para o tratamento de hemorragias, colite, feridas, para picada de cobras, furúnculos, úlceras e gonorreia (FRANÇA, 2004), sendo que o chá das folhas, geralmente diurético, é utilizado para o tratamento de diarreias e esquistossomose; algumas espécies também são abortivas e o óleo extraído de suas folhas inibe o desenvolvimento de bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (DELPRETE, 2005).

Para a produção de madeira, alguns exemplares da África Ocidental atingem tamanhos propícios à finalidade. *Sarcomphalus*, por exemplo, fornece madeira amarelada e durável, costumeiramente usada para construção naval e laminados. Os gêneros *Mitragyna*, *Morinda* e *Pausinystalia* também fornecem material de construção. O lenho de *Gardenia* é ideal para confecção de caixas (RECORD; HESS, 1943). Espécies do gênero *Capirona*, *Calycophyllum*

e *Chimarrhis*, por terem porte elevado, também fornecem madeira adequada à construção civil e trabalhos de marcenaria (MENDOZA et al., 2004).

Na categoria de ornamentais, devido a atributos como exuberância de florescimento, e beleza de copa; colorido, desenho, forma e volume de folhas, troncos e frutos, muitas espécies são utilizadas no paisagismo de parques e jardins, na arborização de ruas e avenidas e na formação de aléias ao longo de caminhos e estradas. Para tais fins destacam-se os gêneros *Gardenia*, *Ixora*, *Mussaenda*, *Calycophyllum*, *Hamelia*, *Bauvardia*, *Asperula*, *Posoqueria* e *Randia*, entre outros (SOUZA; LORENZI, 2008; RIBEIRO et al., 1999).

Algumas espécies de Rubiaceae tem estreita relação com a fauna. Frutos carnosos, de espécies da tribo Gardenieae, são consumidos por muitas espécies de mamíferos que atuam como dispersores de sementes (GOMES, 1996). Diversos pássaros consomem frutos de *Alibertia sessilis* K. Schum., *Coussarea hydrangeaefolia* Benth. & Hook. f., *Guettarda viburnoides* Cham. & Schltl. e *Rudgea viburnoides* Benth. (LORENZI, 1998).

No Brasil, alguns gêneros merecem destaque pela sua vasta utilização na indústria farmacêutica, como plantas medicinais e/ou tóxicas: *Amaioua*, *Bathysa*, *Borreria*, *China*, *Chiococca*, *Cinchona*, *Cordia*, *Coussarea*, *Coutarea*, *Coffea*, *Genipa*, *Guettarda*, *Mitracarpus*, *Psychotria* (SOUZA; LORENZI, 2008).

3.2 O gênero *Calycophyllum* A. DC.

O gênero *Calycophyllum* (sin.: *Enkylista* J. D. Hooker, *Eukylista* Spruce ex Bentham e *Semaphyllanthe* L. Andersson) é Neotropical, ocorrendo, amplamente, desde o México até o Brasil (MENDOZA et al., 2004), conforme ilustrado na figura 1.

Em função de constantes atualizações na literatura botânica, bem como das recentes mudanças filogenéticas no Reino das Plantas, o número de espécies de *Calycophyllum* é objeto de controvérsia. Delprete (1996) reconhece a existência de apenas 10 espécies. No herbário do New York Botanical Garden (2014), constam 9 espécies. De acordo com o International Plant Names Index (IPNI, 2014), os binômios são em número de 21, contando-se as espécies válidas e sinónímias.



Figura 1 – Distribuição natural de algumas espécies do gênero *Calycophyllum*

Fonte: Bacigalupo (1968).

Conforme Bacigalupo (1968) diversos nomes populares são atribuídos para as espécies do gênero, de acordo com a região, citando-se, entre outros: capirona e capirona-vermelha (Equador), palo-blanco (Argentina), e coma-dure, palo-liso, pau-mulato e capirona-de-altura (Amazônia brasileira).

O nome *Calycophyllum* deve-se à sépala foliácea, muito conspícua nas flores de espécies do gênero; esse caráter, entretanto, não é exclusividade desse grupo de Rubiaceae (BACIGALUPO, 1968).

Árvores medianas a grandes, as espécies de *Calycophyllum* têm copa emergente no dossel e tronco comumente retilíneo; a casca, característica morfológica importante no reconhecimento do gênero, é notavelmente lisa, brilhante, de coloração avermelhada ou marrom, descascando continuamente em tiras (RECORD; HESS, 1943). A casca jovem, que se forma após esse desprendimento, geralmente possui coloração verde (MENDOZA et al., 2004).

A morfologia do gênero, pouco variável, permite a distinção das espécies mediante características de folhas e flores, havendo dois grupos diferentes: *Calycophyllum candidissimum* e *C. obovatum* apresentam cálice apenas em algumas flores, na forma de lâmina ampla, foliácea, esbranquiçada; ambas as espécies, conforme Bacigalupo (1968), diferem de *C. spruceanum*, *C. multiflorum* e *C. acreanum*, que apresentam cálice em todas as flores, com lóbulos pequenos e semelhantes entre si.

Algumas características de notável valor na morfologia das espécies são compartilhadas. Bacigalupo (1968) salienta os pares de brácteas que encerram totalmente as flores antes da ântese como aspecto peculiar a *Calycophyllum*. Estas brácteas, em verdade, são estípulas interpeciolares que conservam todos os seus caracteres, bem como duas nervuras mais ou menos glandulares em seu lado interno, e apenas um pouco mais largas, visando acomodar os órgãos que protegem. Entretanto, estas não são comuns a todas as espécies do gênero; neste sentido, há exceções, como *C. acreanum* e *C. obovatum*, providas de brácteas peciolares reduzidas, não envolventes.

Ainda segundo Bacigalupo (1968), a lista de caracteres morfológicos distintivos incluem: folhas opostas, decussadas e com pedicelo; lâmina foliar ovada, elíptica ou obovada, glabra ou hirtela, coriácea ou subcoriácea, por vezes com domácias na axila das nervuras secundárias; venação conspícua; inflorescência terminal ou lateral; flores bissexuais, protândricas, actinomórficas; frutos com cápsula septícida, comumente deiscentes; e sementes pequenas ou diminutas (menor ou igual a 5 mm de comprimento), comprimidas lateralmente, com pequenas asas no ápice.

As inflorescências de *Calycophyllum* variam de contorta a imbricada. Em *C. multiflorum*, todavia, as inflorescências são irregulares e de difícil definição, devido às pressões que sofrem as flores dentro da envoltura de brácteas, tramando algumas inflorescências quincunciais e contortas, apesar da maioria ser imbricada. O mesmo se observa em exemplares floríferos de *C. candidissimum* e *C. spruceanum*. Já em *C. obovatum* e *C. acreanum*, a inflorescência é apenas contorta. Bacigalupo (1968) salienta, ainda, que essas Rubiáceas são muito atrativas na época de floração.

As madeiras do gênero *Calycophyllum* apresentam cerne normalmente castanho, albarno espesso e quase incolor, não demarcado, e odor e gosto indistintos. A massa específica, de 0,80 a 0,85 g/cm³, confere dureza, resistência e alto valor comercial às madeiras do gênero, casos de *C. candidissimum* e *C. spruceanum* na América tropical, espécies muito apreciadas para construção civil. De textura fina, uniforme, e grã direita a irregular, aparentam boa trabalhabilidade, mas baixa resistência à deterioração (RECORD; HESS, 1943).

Calycophyllum acreanum Ducke, o “pau-mulato” da terra firme, é uma das árvores mais altas da floresta tropical brasileira, sendo encontrado ao longo do rio Acre, em locais não inundáveis. *Calycophyllum obovatum* (Ducke) Ducke, o popular “pau-mulato da caatinga”, é árvore de médio porte e habita regiões ligeiramente pantanosas, na porção superior da bacia do rio Negro. Quanto à morfologia, esta espécie é inconfundível pelas folhas obovadas. Ambas as espécies, todavia, não possuem valor comercial, até o momento (BACIGALUPO, 1968).

No Brasil, o nome “pau-mulato” refere-se, costumeiramente, a *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum., espécie denominada “capirona”, no Peru, e “bayabochi”, na Bolívia. O nome comum, alude à coloração avermelhada de sua casca, que apresenta a particularidade de descamar em tiras. Árvore moderadamente grande, apresenta ampla dispersão ao longo do rio Amazonas, habitando, principalmente, solos argilosos, férteis e inundáveis, inclusive no Peru, noroeste da Bolívia e Colômbia. Espécie heliófila e de rápido crescimento, apresenta incremento diamétrico anual de 4 a 6 mm (BACIGALUPO, 1968).

Calycophyllum spruceanum é a única espécie do gênero que possui interesse comercial no Brasil. De potencial medicinal reconhecido, a madeira dessa espécie apresenta alta massa específica, cor marrom-escura e boa durabilidade natural, aspectos que a recomendam no mercado internacional, sendo também usada para fabricação de móveis nos estados do Ceará e Rio de Janeiro (RECORD; HESS, 1943).

Na *Flora Brasiliensis*, obra idealizada e editada, em sua maior parte, por Karl Friederich Philipp von Martius, entre os anos de 1840 e 1906, a família Rubiaceae, representada por 99 gêneros e 1043 espécies, teve o tratamento taxonômico feito por K. Schumann e Mueller Argoviensis. Em seus trabalhos, os autores reconheceram as formas *brasiliensis* e *peruviana* em *Calycophyllum spruceanum*, com base na forma do fruto capsular: globoso, de ápice arredondado e com brácteas glabérrimas, na forma *brasiliensis*; e acuminado, com brácteas pilosas, na forma *peruviana* (CHIQUIERI et al., 2004). De acordo com o International Plant Names Index (IPNI, 2014), estas duas formas botânicas não são atualmente reconhecidas como válidas, cabendo um exame anatômico para melhor opinar sobre o assunto.

Calycophyllum candidissimum (Vahl) DC. recebe diversos nomes, segundo a região: camarón, palo-camarón (Mexico); surrá (Costa Rica); alazano (Panamá); guayabo (Colômbia); araguato, betún (Venezuela); e degame (Estados Unidos). As árvores, de pequeno a médio porte, habitam preferencialmente encostas úmidas e sombreadas, sendo de fácil reconhecimento na época da floração pelas sépalas foliáceas, esbranquiçadas, muito

conspícuas. Nativa ao longo da América Central, bem como em Cuba, no sul do México, Colômbia e Venezuela, a espécie se mescla no vale superior do Rio Negro (Brasil) com *C. obovatum*. Sua madeira, de coloração escura, apresenta massa específica de 0,67 g/cm³, difícil trabalhabilidade e baixa resistência ao ataque de fungos, sendo indicada, nos Estados Unidos, para fabricação de proas, construções em geral, bem como para a fabricação de veículos e ferramentas (RECORD; HESS, 1943).

Calycophyllum multiflorum Griseb. recebe os nomes comuns de “palo-branco” e “ibirá-moroti”, devido à coloração esbranquiçada da casca. É nativa no noroeste da Argentina (Formosa, Jujuy e Salta), sudeste da Bolívia, centro e noroeste do Paraguai, e estado do Mato Grosso, Brasil (RECORD; HESS, 1943). Árvore de até 30 m de altura e 30-70 cm de diâmetro, com tronco geralmente reto, esbelto, fornece toras longas, de casca esbranquiçada, com fissuras longitudinais pouco profundas. Devido a sua massa específica, textura fina, grã direita e coloração uniforme, *Calycophyllum multiflorum* recomenda-se para fabricação de veículos, carpintaria e setor moveleiro. O fuste reto também indica a espécie para postes telefônicos (BACIGALUPO, 1968).

3.3 Importância de estudos em Anatomia da Madeira

A Anatomia da Madeira (do grego *anatomé*, corte, dissecação) é o ramo da ciência botânica que estuda os diferentes tipos celulares constituintes do lenho, sua organização e função, bem como a relação estabelecida entre células da madeira com a atividade biológica vegetal (METCALFE; CHALK, 1983).

O estudo científico da estrutura das plantas teve início com as pesquisas desenvolvidas pelo italiano Marcelo Malpighi (1628-1694) e pelo inglês Nehemiah Grew (1641 – 1712), os pioneiros da anatomia da madeira (FONSECA, 2005).

Conforme Santos (1987), a pesquisa com madeiras surgiu com o incremento do comércio marítimo, que pôs à disposição do mercado europeu as essências tropicais provenientes das colônias, conferindo à identificação microscópica a função de fiscalizar o comércio madeireiro, pela verificação científica da autenticidade das mesmas.

Cury (2001) salienta que o avanço da pesquisa no setor deveu-se, inicialmente, aos fatores econômicos, com significativo número de estudos feitos por instituições governamentais com madeiras de importância ou potencial industrial.

Os estudos anatômicos do xilema secundário são também utilizados há muito tempo como suporte para investigações taxonômicas, filogenéticas e evolutivas, destacando-se, ainda, como instrumento para a determinação de utilizações tecnológicas potenciais para espécies de madeira (OLIVEIRA, 2005).

Para a Taxonomia, definida por Joly (2002) como a “ciência que visa a identificar organismos”, a contribuição dos caracteres anatômicos macro e microscópicos se dá pelo auxílio na diferenciação correta das espécies, assim como no estabelecimento de relações entre as mesmas ou grupos taxonômicos superiores.

A estrutura interna do lenho é utilizada há muito tempo na solução de problemas taxonômicos. No século XVIII, o renomado pesquisador de plantas Augustin Pyrame de Candolle valeu-se da presença ou ausência de vasos para a classificação taxonômica de gêneros e espécies (PINHEIRO; CARMOS, 1993). Diversos autores reconheceram o valor dos caracteres anatômicos e os empregaram em estudos comparativos para a Sistemática Vegetal, tais como: Bailey (1933), Metcalfe e Chalk (1957), Cronquist (1968), Thorne (1976), Dahlgren (1980) e Takhtajan (1980).

Marchiori (1990) menciona que a separação de espécies pela Anatomia da Madeira baseia-se em número mais reduzido de caracteres do que a Taxonomia Vegetal, fazendo com que as informações da estrutura anatômica sejam mais apropriadas como complemento de classificações naturais, aumentando o rol de caracteres disponíveis para comparação entre espécies.

Até o presente momento, uma das grandes contribuições dos estudos em anatomia foi a de auxiliar no estabelecimento da posição taxonômica de Angiospermas primitivas, como as famílias Magnoliaceae, Trochodendraceae e Winteraceae, com base nas tendências de especialização do xilema introduzidas por Bailey e colaboradores (HEYWOOD, 1970). A anatomia também contribuiu para a união de Retziaceae e Stilbaceae em uma única família (CARLQUIST, 1986) e, mais recentemente, com o posicionamento de Aextoxicaceae e Berberidopsidaceae em uma ordem à parte, dita Berberidopsidales (CARLQUIST, 2003).

Loureiro e Silva (1981), diante da semelhança entre elementos constituintes do lenho de várias espécies de Leguminosae-Caesalpinioideae, concluíram que só é possível caracterizar essas espécies a partir de uma análise quantitativa. Outros autores também discutem as mesmas dificuldades quando se trata de espécies de Anonaceae (PINHO et al., 1986), Myristicaceae (LISBOA, 1988) e inúmeras espécies da família Caprifoliaceae (OGATA, 1988).

Como salientado por Vestal (1940), a maior contribuição da Anatomia da Madeira para a Taxonomia é a de fornecer uma nova série de caracteres para a comparação, os quais, combinados com outros já reconhecidos, podem ajudar no esclarecimento da verdadeira relação natural entre as plantas.

No caso da tecnologia e uso da madeira, sabe-se, desde muito tempo, que a composição do lenho, bem como a estrutura e organização de seus elementos constituintes, são fatores determinantes para as propriedades da madeira e sua aptidão a determinados fins (EAMES; MACDANIELS, 1953; ESAU, 1959). Os autores destacam, como aspectos principais, a porosidade e diâmetro de vasos, o comprimento e diâmetro de fibras, e a abundância e largura de raios.

Trabalhos desenvolvidos por Burger e Richter (1991) demonstram a relação entre os elementos constituintes da madeira e o reflexo da composição anatômica nas propriedades desse material. As fibras são os elementos mais importantes no que diz respeito à resistência mecânica no lenho das Dicotiledôneas. Com relação aos vasos, devido ao grande diâmetro e paredes delgadas, eles são estruturas fracas, de modo que sua abundância, dimensão e distribuição também influem na resistência mecânica. O parênquima axial, quando disposto em faixas contínuas, pode reduzir consideravelmente a resistência da madeira. A relação entre raios e resistência mecânica resulta mais complexa, podendo-se dizer, entretanto, que se duas madeiras apresentam o mesmo peso específico, a com maior proporção de tecido radial resulta mais fraca.

Siegloch et al., (2011b) discorrem que a ocorrência de poros de pequeno diâmetro e de fibras com paredes moderadamente espessas conferem, presumivelmente, uma boa resistência mecânica à madeira, devido à relação direta destes aspectos anatômicos com o peso específico. A escassez de tecidos parenquimáticos, sabidamente mais fracos, contribui, igualmente, para a maior resistência mecânica da madeira. Os autores salientam que a uniformidade no diâmetro e distribuição de poros, bem como na espessura da parede de fibras, associada à ausência de pontos de fragilidade (ex. raios largos e parênquima em faixas), indicam propriedades físicas e mecânicas homogêneas. A abundância de fibras gelatinosas, por sua vez, atribui maior flexibilidade à madeira.

A composição celular do lenho também influencia na fabricação de celulose e papel, tornando indispensável o conhecimento das características anatômicas dos elementos fibrosos das polpas, a fim de se avaliar atributos do material. A qualidade do papel é diretamente influenciada pelas características morfológicas das fibras e pela fração das mesmas na polpa (GOMIDE, 2005).

Sobre a espessura das fibras, o autor infere que, geralmente, polpas produzidas com espécies florestais de paredes mais espessas, produzem papéis que apresentam volumes específicos aparentes mais elevados. Essa característica pode contribuir favoravelmente para a maciez dos papéis “tissue” e para a opacidade dos papéis de impressão. Existe, ainda, uma estreita relação entre o comprimento das fibras e a produção do papel: em geral, fibras curtas contribuem para uma boa formação de folha, ao passo que as mais longas favorecem a resistência ao rasgo.

Segundo Fahn (1980), a espessura da parede celular interfere na quantidade de compostos tânicos impregnados nas paredes, o que pode aumentar ou diminuir a densidade, bem como conferir maior ou menor susceptibilidade ao ataque de organismos xilófagos; a grã e a textura da madeira podem interferir favorecendo ou não os processos de trabalhabilidade, acabamento e formação de desenhos decorativos nas superfícies das peças; a porosidade pode influir na quantidade de água retida, nos processos de preservação e aplicação de adesivos e, ainda, nas relações com resistência mecânica.

A identificação de um material pelo exame minucioso da madeira também possui grande interesse prático, sobretudo em regiões tropicais, onde é grande a diversidade de espécies com regimes fenológicos variados (MARCHIORI, 1990). O método anatômico mostra-se especialmente relevante no caso de indivíduos desprovidos de órgãos reprodutivos, permitindo, não raro, a sua determinação até o nível de gênero. A anatomia é útil, ainda, para a Paleontologia, na identificação de restos fósseis, e na pesquisa forense, pela confirmação de adulterações, substituições ou fraudes (METCALFE; CHALK, 1972).

No Brasil, a anatomia da madeira tem sido direcionada mais para o aspecto descritivo, voltado para o conhecimento de espécies alternativas à indústria, e estabelecendo relações entre a anatomia do lenho e suas propriedades físicas, mecânicas e biológicas. Muitos pesquisadores apresentam chaves dicotômicas e fichas de características físicas, mecânicas e organolépticas, juntamente com os diferentes tipos de usos das espécies (LIMA, 1994).

3.4 Características anatômicas do lenho na família Rubiaceae

A anatomia do lenho foi utilizada em vários sistemas de classificação, como os de Takhtajan (1980), Gleason e Cronquist (1968) e Cronquist (1988), que se valeram de caracteres anatômicos como complemento ao estudo da Taxonomia e Filogenia das plantas.

Em Rubiáceas, investigações dessa natureza demonstraram, claramente, a importância do lenho para a separação das taxa (KOEK-NOORMAN; HOGEWEG, 1974; LENS et al., 2000).

Um dos primeiros estudos anatômicos do lenho em Rubiaceae deve-se a Van Riemsdijk, no século XVIII (JANSEN et al., 2002), e trata da descrição anatômica do gênero *Coffea* L. Ao final do século XIX, Solereder (1893) resumiu observações preliminares de características anatômicas sobre a família.

Já no século XX, Moll e Janssonius (1926) publicaram a anatomia de vinte e seis gêneros de Rubiaceae da Índia. Uma compilação de características anatômicas da família, com 150 gêneros, foi reunida por Metcalfe e Chalk (1957) em “Anatomy of Dicotyledons”.

Jansen et al., (2002) resenhou o conhecimento sobre a Anatomia da Madeira em Rubiaceae. Com um magnífico acervo de características anatômicas, os autores destacaram, por seu valor taxonômico para a família, o tipo de fibras e a distribuição de parênquima axial. Segundo os mesmos, as fibras septadas estão presentes em 25% dos gêneros e são restritas a 11 tribos; a distribuição do parênquima axial varia de ausente, em *Psychotria chionantha* (DC.) Britton, a difuso em *Oldenlandia filifolia* K. Krause, e em faixas, em *Duroia aquatica* (Aubl.) Bremek, *Colletocema dewevrei* (De Wild.) E.M.A. Petit e *Alibertia* A. Richard ex DC.

Bem conhecidos por suas contribuições à família Rubiaceae, Koek-Noorman (1969, 1970, 1972, 1977) e Koek-Noorman e Hogeweg (1974) estudaram a Anatomia da Madeira de espécies sul-africanas e sul-americanas, pertencentes a diferentes tribos. Mais tarde, Koek-Noorman e Puff (1983) e Jansen et al., (1997) apresentaram um extenso legado anatômico de alguns membros da família.

Acredita-se que as Rubiaceae são surpreendentemente uniformes no tocante à estrutura da madeira (CHANG, 1951), especialmente quando se considera o grande número de espécies, uma vez que constitui a quarta família mais numerosa do Reino Vegetal. Esta é provavelmente uma das razões pelas quais a Anatomia Sistemática da madeira em Rubiaceae foi pouco explorada até o presente momento.

Metcalfe e Chalk (1972) constataram para a família as seguintes características anatômicas: vasos tipicamente pequenos, médios em alguns gêneros, variando de numerosos a muito numerosos; poros exclusivamente solitários ou em múltiplos radiais de 4 ou mais unidades, raramente com porosidade em anel.

Os elementos vasculares, de comprimento médio a longo, variam de 0,5 a 1,3 mm, ficando, na maioria das espécies, entre 0,5 e 0,8 mm (METCALFE; CHALK, 1972). Os

vasos, com ocorrência quase que exclusiva de placas de perfuração simples, são desprovidos de espessamentos espiralados e apresentam pontoações ornamentadas, alternas, pequenas a diminutas. Record e Hess (1943) e Metcalfe e Chalk (1972), por sua vez, referem pontoações intervasculares alternas, pequenas a muito pequenas.

O parênquima axial em Rubiáceas é tipicamente apotraqueal nas espécies com fibras não septadas, e ausente nas com septos em fibras, salvo exceções. A presença do caráter é muito importante na tribo Gardenieae, ocorrendo variação moderada na distribuição, desde o tipo difuso até em curtas ou longas faixas (KOEK-NOORMAN, 1969). Em *Randia dumetorum*, *R. sericantha* e *R. spinosa*, o parênquima axial é do tipo difuso (KOEK-NOORMAN, 1972).

Conforme o mesmo autor, os raios, estreitos e heterogêneos em 70% dos gêneros, apresentam 1-3 células de largura, e 4 ou mais fileiras marginais de células quadradas e eretas, mas chegam a ter 8-10 células de largura em algumas espécies.

As fibras, muito curtas a moderadamente longas, variam de 0,6 a 2,2 mm de comprimento, oscilando, na maior parte das espécies, entre 1,0 e 1,5 mm. Providas ou não de septos, apresentam pontoações simples ou areoladas. Koek-Noorman (1972) referiu a ocorrência de fibrotraqueóides na tribo Gardenieae. Cristais de sílica e ráfides, por sua vez, são encontrados em alguns gêneros.

Koek-Noorman (1977) e Jansen et al., (2002) classificam as madeiras de Rubiaceae em dois grupos: o tipo I, com poros predominantemente solitários, parênquima apotraqueal difuso, em agregados e/ou em faixas, bem como raios estreitos com largas margens unisseriadas e fibras não septadas, com pontoações distintamente areoladas; e o tipo II, com poros predominantemente em múltiplos radiais, parênquima axial ausente ou paratraqueal escasso, raios grandes e fibras septadas, com pontoações simples.

No tocante à anatomia descritiva do lenho, as tribos Rubieae, Ixoroae e Cinchoneae são as mais conhecidas, graças as publicações de Koek-Noorman (1972), Koek-Noorman e Hogeweg (1974), Welle et al., (1983), Lens et al., (2000), Jansen et al., (1997) e Jansen et al. (1999).

Apesar da importância, não constam na literatura referências anatômicas pormenorizadas sobre as espécies em estudo. O lenho de *Calycophyllum*, em outras palavras, carece de informações detalhadas, fato que reforça a importância da presente investigação. Record e Hess (1943) citam para o gênero: vasos em múltiplos radiais, com 4 ou mais células; parênquima axial ausente; raios frequentemente de dois tamanhos distintos, com 4 ou mais células de largura, ocasionalmente com cristais; e fibras septadas. Para *Calycophyllum*

candidissimum (Vahl) DC. e *C. venezuelense* Steyerm, Léon (2011) reporta: anéis de crescimento indistintos ou ligeiramente marcados pela redução do diâmetro radial das fibras; porosidade difusa; vasos solitários, predominantemente em múltiplos radiais de 2-8 unidades; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas, circulares ou ovais, e diminutas a pequenas; pontoado raio-vascular semelhante, com depósitos de gomo-resina ocasionalmente presente; fibras septadas, com paredes espessas a muito espessas e pontoações indistintamente areoladas; parênquima paratraqueal escasso, em séries de 4-6 células; raios homocelulares, de células quadradas e eretas, e heterogêneos com mais de quatro fileiras marginais; células perfuradas de raio presentes, com uma perfuração simples; e presença de areia cristalina em células radiais.

A ocorrência de células perfuradas de raio, bem como de areia cristalina, segundo o autor, é tema controverso em espécies do gênero, salientando-se a ausência de referências a esses caracteres em observações anatômicas de *C. candidissimum* (KRIBS, 1968; KOEK-NOORMAN, 1972; NARDI; EDLMANN, 1992). Carlquist (1988), por sua vez, refere-se a *Calycophyllum* como um dos gêneros de Rubiaceae que apresenta areia cristalina em células de raio, sem contudo especificar uma espécie em particular.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Espécies estudadas

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com exceção do preparo de lâminas e obtenção de fotomicrografias, realizadas, respectivamente, no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná – UFPR, e no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Santa Maria, no Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, CESNORS, campus de Frederico Westphalen, RS.

A pesquisa realizada abrangeu três espécies e uma variedade de *Calycophyllum*: *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* K.Schum., *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC., *Calycophyllum multiflorum* Griseb. e *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum.

Os discos de madeiras, provenientes do tronco, foram recebidos por permuta com algumas das mais importantes instituições científicas do mundo, tais como o Jodrell Laboratory (Kew Gardens, Londres), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT) e a Universidade alemã Black Forest Academy (BFA).

As lâminas anatômicas, foram preparadas para a realização de pesquisa nos anos de 1987 a 1990, por José Newton Cardoso Marchiori, durante a realização de seu Doutorado, na Universidade Federal do Paraná. O número de amostras investigadas varia segundo a espécie, sendo discriminadas na Tabela 3.

A classificação Botânica utilizada no presente estudo segue o APG III (2009). O nome científico das espécies foi consultado no IPNI, The International Plant Names Index – www.ipni.org (acessado em 03.01.2014).

Tabela 3 – Amostras investigadas no presente estudo

Espécies	Registro de Xiloteca	Total de amostras
<i>Calycophyllum spruceanum</i> f. <i>brasiliensis</i>	IPT-1309	1
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	IPT- 6009 BFA-10583	2
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	BFA -16581, 8217 IPT – 9434, 128, 9661, 9542, 3717, 45 KEW- 4187	9
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	KEW-22228, 22450 IPT- 294 BFA- 13196	4
Total		16

Onde: KEW, Jodrell Laboratory (Kew Gardens, Londres); IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo; BFA, Black Forest Academy, Alemanha.

4.2 Microtécnica

Para confecção das lâminas, foram extraídos três corpos de prova de cada amostra de madeira, com dimensão de 3x3x3 cm e devidamente orientados para obtenção de cortes anatômicos nos planos transversal (X), longitudinal radial (R) e longitudinal tangencial (T). Um quarto bloco foi também retirado, com vistas à maceração.

A montagem das lâminas seguiu a técnica padrão, recomendada por Burger e Richter (1991). Os blocos de madeira foram seccionados em micrótomo de deslizamento, modelo Spencer, regulado para a obtenção de cortes com espessura nominal de 18-20 µm; os cortes anatômicos foram tingidos ou com acridina-vermelha, crisoidina e azul-de-astra, ou com safra-blau (safranina 30% e azul de astra 70%). Na sequência, os cortes foram desidratados em série alcoólica-ascendente (30%, 50%, 70%, 95%, duas vezes em álcool absoluto), diafanizados em xilol e montadas lâminas permanentes, com Entellan.

No preparo de lâminas de macerado, seguiu-se o método de Franklin modificado (KRAUS; ARDUIN, 1997). A amostra de madeira destinada à maceração foi reduzida a pequenos palitos (cerca de 1 mm de espessura) e transferidos à maceração com peróxido de hidrogênio (100 volumes) e ácido acético glacial, na proporção 2:1. A mistura permaneceu em

banho-maria (60 °C) por 48h, sendo a solução trocada ao final do primeiro dia. Os elementos celulares resultantes da maceração foram reunidos em papel de filtro e tingidos com safranina 1%. As etapas de desidratação, diafanização e montagem de lâminas permanentes seguiram o mesmo protocolo do preparo de lâminas histológicas, com a diferença de que as duas primeiras etapas foram desenvolvidas sobre papel de filtro.

4.3 Fotomicrografias

As fotomicrografias da estrutura anatômica foram tomadas em microscópio Leica DM 1000, com objetivas planas 4x/0.10, 10x/0.25, 20x/0.40 e 40x/0.65, equipado com câmera digital Olympus Camedia CX-40. O processamento das imagens foi realizado com o auxílio do programa CorelDRAW, X7 (64 Bit).

4.4 Descrições dos lenhos

A descrição microscópica das madeiras de *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum* e *C. spruceanum* seguiu basicamente as recomendações do IAWA Committee (1989). Com exceção da percentagem dos distintos tecidos, da altura e largura de raios (inclusive de seu corpo e margens, em número de células), bem como da espessura da parede de fibras e vasos, aspectos não contemplados na referida norma.

Primeiramente, realizou-se a análise da estrutura anatômica da madeira sob o enfoque taxonômico, confrontando-se elementos da descrição com referências da literatura. Posteriormente, foi feita uma análise sob o ponto de vista tecnológico, levando em conta alguns aspectos anatômicos da madeira que, de acordo com a literatura, podem ter influência no comportamento físico-mecânico e utilização comercial: fração dos tecidos constituintes da madeira (vasos, parênquima axial, raios e fibras); tipo, comprimento e espessura de parede das fibras; diâmetro, espessura de parede e comprimento de vasos; e a presença de substâncias minerais nas células.

4.5 Medições e contagens microscópicas

A mensuração dos caracteres anatômicos da madeira foi realizada em microscópio binocular Carl Zeiss, provido de ocular com escala graduada.

Na análise do comprimento de vasos, apêndices e fibras, bem como do diâmetro e espessura de parede, usaram-se lâminas de macerado; as demais características anatômicas foram medidas com base em lâminas histológicas.

Na verificação da percentagem dos tecidos constituintes da madeira, seguiu-se a metodologia proposta por Marchiori (1980), a saber: a cada movimento aleatório do *charriot*, em plano transversal, anotou-se o tipo de célula correspondente a um ponto predeterminado na escala graduada da lente ocular. O número dessas coincidências, em cada 100 determinações, expressa, diretamente, a percentagem ocupada pelos diferentes tipos celulares no tecido lenhoso. Para cada indivíduo, foram feitas 6 amostragens.

A espessura da parede de fibras e vasos foi obtida de acordo com a seguinte fórmula: $DT - DL / 2$, onde DT = diâmetro total e DL = diâmetro do lúmen.

Para a determinação da abundância de poros (poros/mm²) usou-se um quadrado de área conhecida, superposto a lâminas anatômicas em seção transversal. Nesse cálculo, considerou-se cada poro como uma unidade, e não as séries ou aglomerados.

Todos os dados quantitativos do lenho das espécies descritas na pesquisa, encontram-se sumarizados nos Apêndices A, B, C e D.

4.6 Análise de agrupamento

No intuito de verificar a formação de grupos distintos, assim como medir, explicar e prever o grau de relação entre espécies de Rubiaceae, realizou-se uma análise de agrupamento. A metodologia foi utilizada para ordenar as espécies e os caracteres anatômicos quantitativos e qualitativos, evidenciando os fatores de maior variância (LUDWIG; REYNOLDS, 1988).

Para a técnica utilizou-se os caracteres anatômicos das quatro espécies de *Calycophyllum* investigadas no presente estudo, e também os de outras espécies de Rubiaceae, descritas na literatura (Tabela 4).

Para informações mais detalhadas sobre a estrutura anatômica das espécies descritas na literatura, recomenda-se as publicações de León (2011), Sieglösch et al. (2011a), Pollito e Tomazello (2006), Marchiori (1987), Callado e Silva Neto (2003) e Coelho (2009).

Tabela 4 – Espécies de Rubiaceae utilizadas na análise de agrupamento e suas respectivas subfamílias

(continua)

Subfamília	Espécie	Referência consultada
Ixoroideae	<i>Calycophyllum spruceanum f. brasiliensis</i> K. Schum.	1
	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	1
	<i>Calycophyllum multiflorum</i> Griseb.	1
	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex Schum.	1
	<i>Warszewiczia coccinea</i> Klotzsch	2
	<i>Posoqueria latifolia</i> Roem. & Schult.	2
	<i>Posoqueria panamensis</i> Walp.	2
	<i>Duroia fusifera</i> Hook. f. ex K. Schum.	2
	<i>Bertiera guianensis</i> Aubl.	2
	<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth.	2
	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	2
	<i>Simira rubescens</i> (Benth.) Bremek. ex Steyerm.	3
	<i>Simira glaziovii</i> (K. Schum.) Steyerm.	3
	<i>Simira pikia</i> (K. Schum.) Steyerm.	3
	<i>Simira rubra</i> (Mart.) Steyerm.	3
	<i>Randia ferox</i> DC.	4
	<i>Chimarrhis cymosa</i> Jacq.	2
	<i>Genipa americana</i> L.	2
<i>Alseis abatioides</i> H. Karst. ex K. Schum.	2	
Rubioideae	<i>Morinda peduncularis</i> Kunth	2
	<i>Psychotria bernardii</i> Steyerm.	2
	<i>Psychotria irwinii</i> Steyerm.	2
	<i>Psychotria berteriana</i> DC.	2
	<i>Psychotria poeppigiana</i> Mull. Arg.	2

Tabela 4 – Espécies de Rubiaceae utilizadas na análise de agrupamento e suas respectivas subfamílias

(conclusão)

Subfamília	Espécie	Referência consultada
	<i>Pagamea capitata</i> Benth.	2
	<i>Pagamea plicata</i> Benth.	2
	<i>Rudgea crassiloba</i> B.L.Rob.	2
	<i>Rudgea hostmanniana</i> Benth.	2
Cinchonoideae	<i>Cephalanthus glabratus</i> K. Schum.	4
	<i>Bathysa cuspidata</i> (St.- Hil.) Hook. f.	5
	<i>Uncaria guianensis</i> F. Gmel.	6
	<i>Uncaria tomentosa</i> DC.	6
	<i>Chomelia venezuelensis</i> Steyerm.	2
	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	2
	<i>Cosmibuena grandiflora</i> Rusby	2
	<i>Guettarda crispiflora</i> Vahl subsp. <i>poasana</i> (Standl.) C.M. Taylor	2
	<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	2
	<i>Isertia hypoleuca</i> Benth.	2
	<i>Ladenbergia lambertiana</i> (A.Braun ex Mart.) Klotzsch	2
	<i>Remijia pacimonica</i> Standl.	2
<i>Remijia densiflora</i> Benth.	2	
Total	41 espécies	

onde: 1 – Espécies descritas nesta pesquisa, 2 – León (2011), 3 – Callado e Silva Neto (2003), 4 – Marchiori (1987), 5 – Sieglösch et al. (2011 a), 6 – Coelho (2009), 7 – Pollito e Tomazello (2006)

Na análise de agrupamento, fez-se uso do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), pacote vegan (OKSANEN et al., 2011).

A técnica empregada para a formação de grupos similares entre espécies investigadas foi a análise de agrupamento hierárquica aglomerativa. Para tal, construiu-se uma tabela de dados binários, montadas através da presença e ausência de caracteres anatômicos descritos para as espécies de *Calycophyllum* estudadas presentemente, além dos dados anatômicos de outras 37 espécies, distribuídas nas três subfamílias atualmente aceitas na taxonomia de

Rubiaceae (Rubiaceae, Ixoroideae e Cinchonoideae). Para a organização dessa tabela de dados binários utilizou-se como critério as categorias do IAWA Committee (1989).

Após obtenção da tabela, inverteu-se as linhas por colunas para a montagem de uma matriz de dados originais de $n \times m$, onde n = número de linhas (espécies); m = número de colunas (caracteres anatômicos).

A partir da matriz de dados originais, gerou-se a matriz de proximidades das espécies, que foi obtida através do coeficiente de dissimilaridade de Jaccard, dado pela equação 1:

$$J = \frac{a}{a+b+c} \quad \text{Equação 1}$$

		Objeto A		
		1	0	
Objeto B	1	a	b	a+b
	0	c	d	c+d
		a+c	b+d	p

Onde:

J – coeficiente de Jaccard;

a – número de características comuns aos dois objetos (1-1);

b – número de presença-ausência (1-0);

c – número de ausência-presença (0-1);

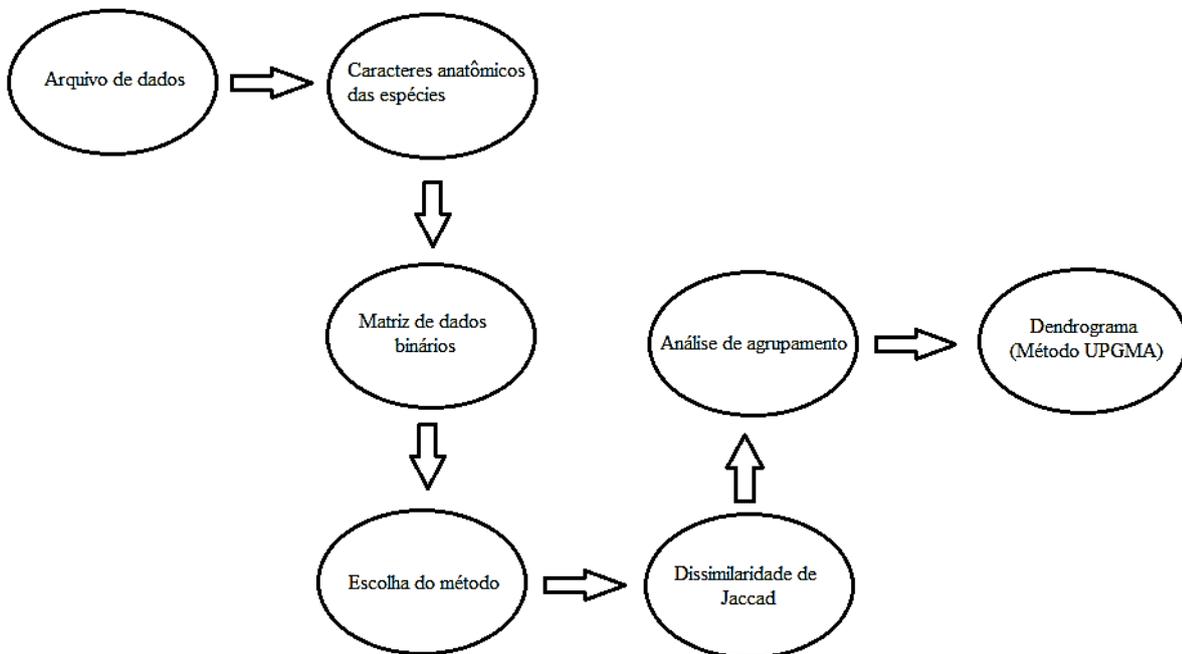
d – número de dupla ausência (0-0);

p – número total de características (a+b+c+d).

O coeficiente de dissimilaridade de Jaccard, desconsidera a dupla ausência, e quanto menor o valor, mais semelhantes serão as espécies. Para a formação de agrupamentos com base na medida de dissimilaridade de cada observação, utilizou-se o método pela associação média (UPGMA).

A sequência de agrupamentos obtidos foi representada sob a forma de dendrograma vertical. Para avaliar o grau de deformação do dendrograma, calculou-se o coeficiente de correlação cofenético (r de Person) entre os índices de similaridade da matriz original e os índices reconstituídos com base no dendrograma, este coeficiente facilita a escolha do método de aglomeração. A literatura considera confiável valores para o coeficiente cofenético mais próximos de 1.

Abaixo, o fluxograma exemplifica a sequência das atividades desenvolvidas na análise de agrupamento.



4.7 Processamento dos dados

A organização em tabelas e gráficos, bem como a análise estatística dos caracteres quantitativos do lenho, foram realizadas com auxílio do programa Excel (versão do Microsoft Office 2013).

Nas características quantitativas dos tecidos constituintes da madeira, os números entre parênteses correspondem aos valores mínimos e/ou máximos observados. O valor que acompanha a média (X) é o desvio padrão (S). Ex. $X \pm S$ (mínimo - máximo).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição microscópica dos lenhos

Das 16 amostras de *Calycophyllum* que foram analisadas, uma delas *Calycophyllum multiflorum* – BFA 8217, proveniente do Herbário da Universidade alemã Black Forest Academy, não condiz com sua real identificação, ou seja, não corresponde à referida espécie.

Os resultados são fundamentados na análise anatômica da madeira, visto que a amostra apresentou características distintas na sua composição celular, tais como abundante parênquima axial, compondo mais de 50% do lenho (Figura 2A, B, C e D). Esse elemento celular é ausente ou muito escasso em espécies de *Calycophyllum*, conforme referências de Record e Hess (1943). Além deste aspecto, o material analisado contém raras fibras septadas (Figura 2E) e pontoações intervasculares com diâmetro maior do que o observado no gênero em estudo (Figura 2F), de acordo com Record e Hess (1943), Léon (2011) e Richter e Dallwitz (2009).

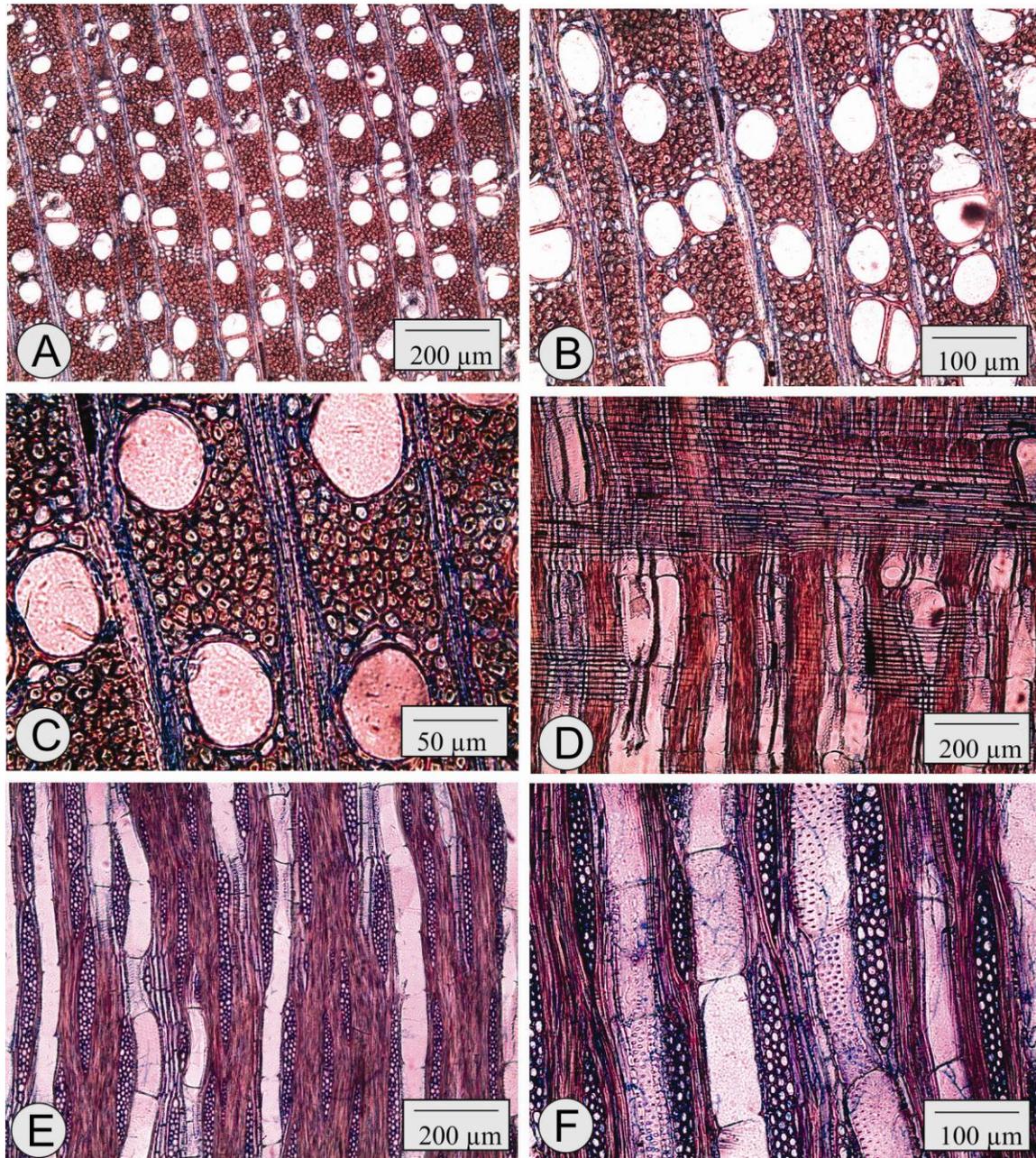


Figura 2 – Fotomicrografias do lenho da amostra BFA 8217. A – Parênquima axial paratraqueal abundante na madeira (seção transversal). B, C – Mesma seção, em maior aumento. D – Tecido de parênquima axial, em seção longitudinal radial. E – Fibras septadas, e raras, e parênquima axial (seção longitudinal tangencial). F – Mesma seção, em maior aumento, com pontoações intervasculares de tamanho nitidamente maior

5.1.1 *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* K.Schum.

Anéis de crescimento: distintos, visualizados por fibras de menor diâmetro radial, e paredes mais espessas no final do lenho tardio, bem como por pequeno alargamento dos raios na transição do anel (Figura 3B).

Vasos: muito numerosos (97 ± 8 (82 - 109) poros/mm²), em arranjo radial e de seção arredondada, tendente a oval (71 ± 11 (55 - 93) μm), com paredes espessas (5 ± 1 (3 - 8) μm), perfazendo um total de 23% do volume da madeira (Figura 3A, B). Vasos em porosidade difusa, uniforme, constantemente tocando as células de raio; agrupados em múltiplos radiais de 2-6 (45%), solitários (50%) ou com escassos racemiformes (5%) de 3-6 unidades (Figura 3A). Elementos vasculares de comprimento médio (649 ± 170 (270 - 900) μm). Placas de perfuração simples (Figura 3C), oblíquas, e apêndices longos (110 ± 74 (30 - 290) μm), em ambas ou apenas em uma extremidade. Pontoações intervasculares pequenas, arredondadas (7 ± 1 (5 - 8) μm), alternas, com abertura lenticular, horizontal, inclusa, ornamentadas (Figura 3F). Pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares, embora menores (4 ± 1 (3 - 5) μm). Tilos, espessamentos helicoidais, estriações e depósitos, ausentes.

Parênquima axial: Ausente.

Raios: com abundância de (12 ± 1 (10 - 15) raios/mm), heterogêneos e de dois tamanhos distintos, representando 31% do volume da madeira. Os unisseriados, escassos (8%), com células quadradas e eretas; de 303 ± 126 (110 - 590) μm de altura, com 4 ± 2 (2 - 9) células e 15 ± 3 (10 - 20) μm de largura. Os multisseriados (Figura 3E), em sua maioria tetrasseriados (62%), menos comumente trisseriados (22%), com raros bisseriados (1%) e com mais de 5 células (7%). Com células procumbentes (6-21) no corpo central, e 1-3 fileiras marginais de células quadradas e eretas; de 467 ± 91 (300 - 660) μm de altura, com 17 ± 4 (9 - 24) células, e 30 ± 9 (30 - 75) μm de largura (Figura 3C). Raios fusionados, presentes. Raios agregados, ausentes. Células perfuradas, presentes; células latericuliformes, envolventes e oleíferas, ausentes.

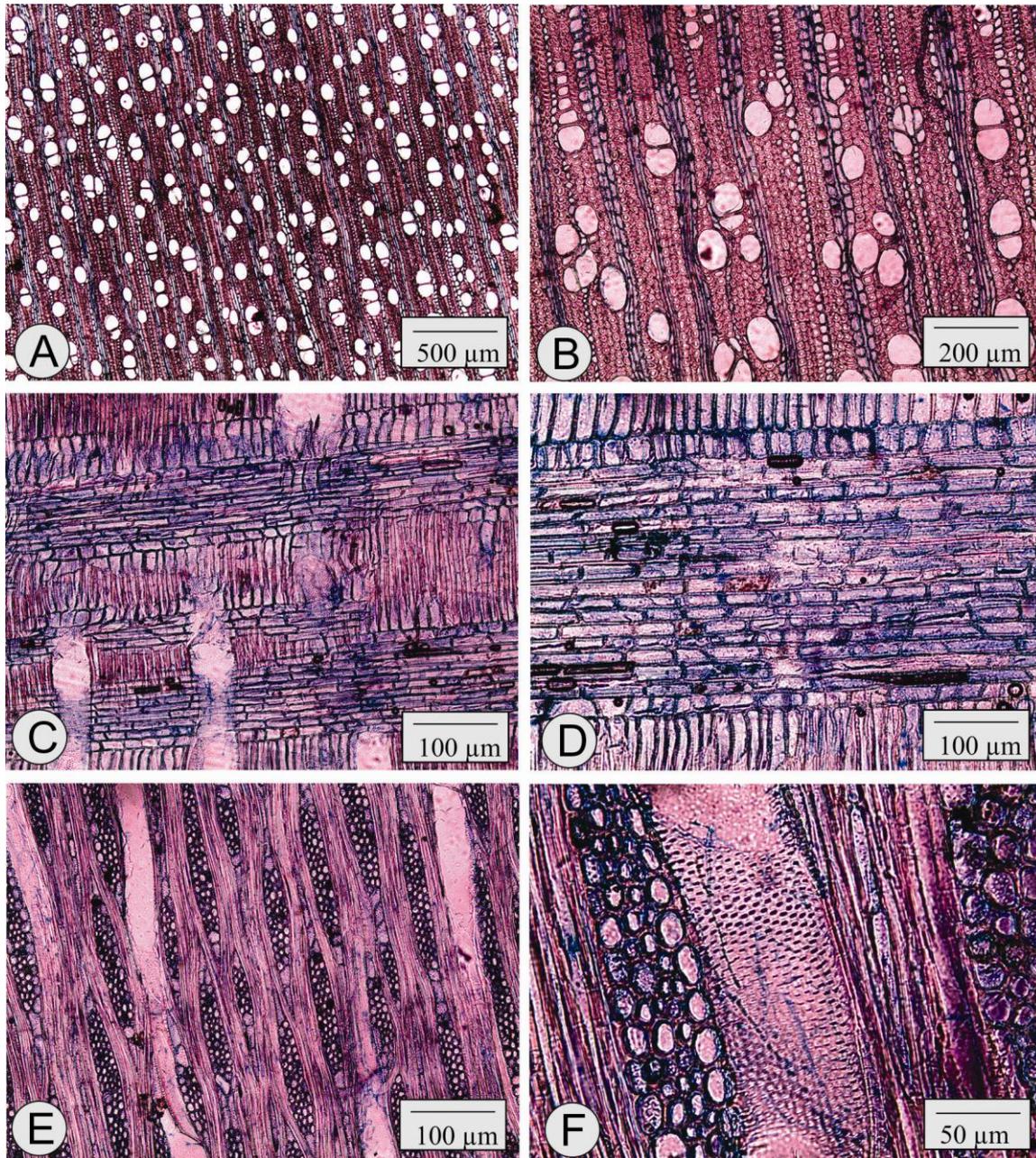


Figura 3 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*. A – Porosidade difusa, poros muito numerosos, solitários, em múltiplos radiais e escassos racemos, com frequente contato com as células de raio (seção transversal). B – Mesma seção, em maior aumento, destacando um limite do anel de crescimento, poros de seção arredondada, tendente a oval, e múltiplos radiais. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células procumbentes ao centro, e células quadradas e eretas nas margens; elementos vasculares com placas de perfuração simples. D – Seção longitudinal radial, em maior aumento, mostrando a ocorrência de areia cristalina e depósitos. E – Aspecto da seção longitudinal tangencial, com raios predominantemente tetrasseridados e fibras libriformes, septadas. F – Mesma seção, em maior aumento, evidenciando pontoações intervasculares pequenas e ornamentadas, e fibras septadas.

Fibras: do tipo libriforme, septadas (Figura 3E, F); médias (1371 ± 249 (850 - 1780) μm) e de paredes delgadas a espessas (6 ± 2 (3 - 15) μm). As pontoações simples, estão dispostas verticalmente, e são restritas às faces radiais da parede. O tecido fibroso ocupa 46% do volume da madeira. Fibras gelatinosas, espessamentos helicoidais e traqueoides, ausentes.

Outros caracteres: cristais, em forma de areia (microcristais), e depósitos localizados em células de raios (Figura 3D). Canais celulares, estrutura estratificada, sílica, floema incluso, células oleíferas, células mucilaginosas e máculas medulares, ausentes.

5.1.2 *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC.

Anéis de crescimento: distintos, visualizados por camada com 5 ou 6 fileiras de fibras radialmente achatadas e paredes mais espessas no lenho tardio, assim como pelo alargamento do raio no limite do anel de crescimento (Figura 4A, B).

Vasos: extremamente numerosos (163 ± 19 (126 - 202) poros/ mm^2), ocupando 20% do volume da madeira. Porosidade difusa uniforme, em arranjo radial. Vasos de seção arredondada, tendente a oval (48 ± 9 (28 - 65) μm), de paredes finas (3 ± 1 (1 - 5) μm), predominantemente em múltiplos radiais de 2-9 (59%), menos comumente solitários (34%) e racemiformes (7%) de 3-6 unidades; contato com células de raio, frequente (Figura 4A, B). Elementos vasculares de comprimento médio (656 ± 205 (190 - 1050) μm), com placas de perfuração simples (Figura 4D), oblíquas, e apêndices longos (102 ± 64 (30 - 340) μm), em ambas ou em apenas uma extremidade. Pontoações intervasculares pequenas, arredondadas (5 ± 1 (4 - 8) μm), alternas, com abertura horizontal, lenticular, inclusa, ornamentada. Pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares, embora menores (3 ± 1 (3 - 5) μm). Tilos, espessamentos helicoidais, estriações e depósitos, ausentes.

Parênquima axial: Ausente no material observado.

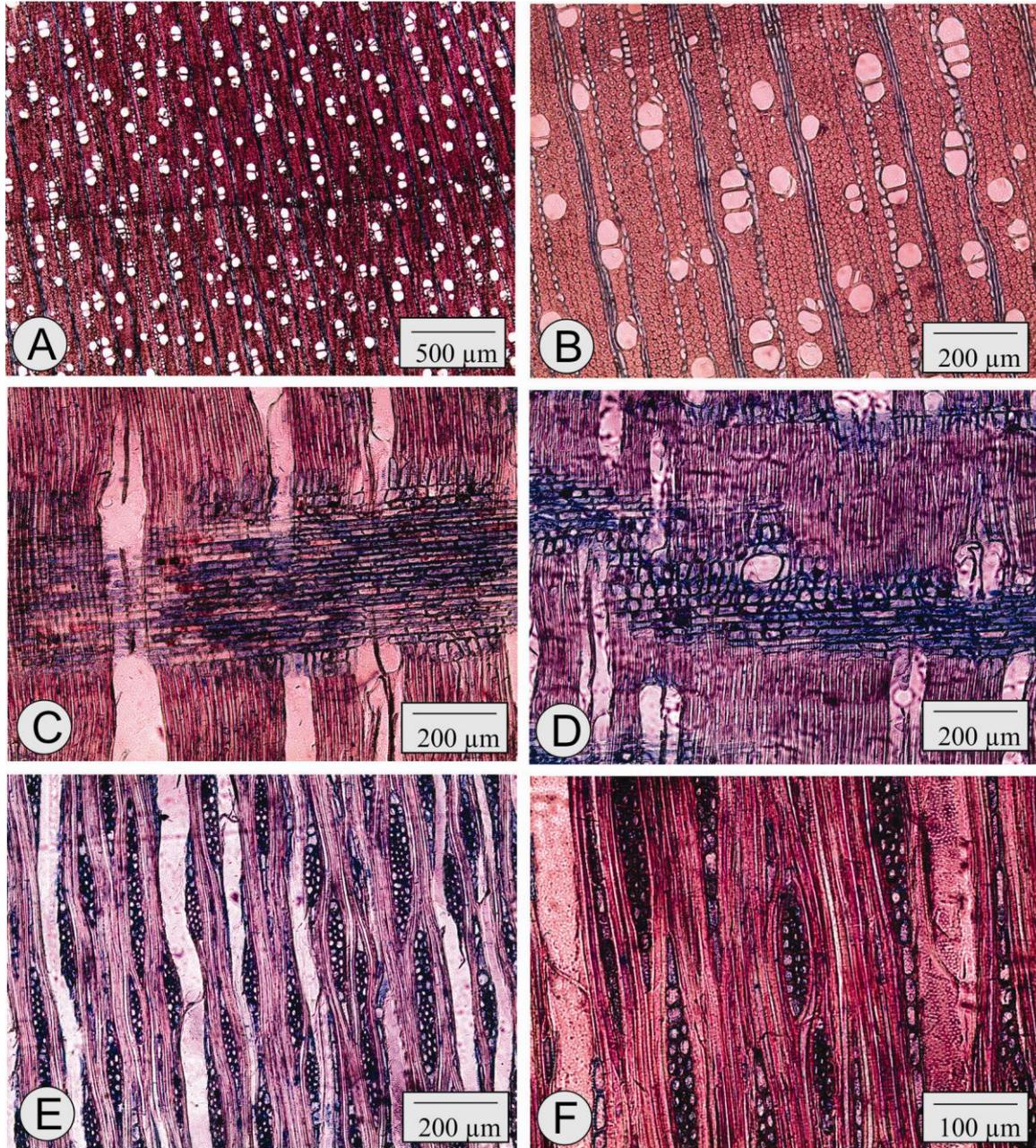


Figura 4 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum candidissimum*. A – Limite do anel de crescimento, poros extremamente numerosos, solitários, em múltiplos radiais e escassos racemiformes; porosidade difusa (seção transversal). B – Poros arredondados, tendente a ovais, tocando as células de raio, e fibras de paredes espessas no lenho tardio (seção transversal). C – Raios heterogêneos, com células procumbentes ao centro, e margens quadradas e eretas, depósitos evidentes (seção longitudinal radial). D – Célula perfurada de raio e elementos vasculares com placas de perfuração simples (seção longitudinal radial). E – Raios uni a tetrasseriados (seção longitudinal tangencial). F – Mesma seção, em maior aumento, evidenciando as fibras librifórmes septadas

Raios: numerosos (14 ± 2 (9 - 20) raios/mm), heterogêneos e de dois tamanhos distintos, representando 32% do volume da madeira. Os unisseriados (15%), de células quadradas e eretas, por vezes, com células procumbentes; de 288 ± 106 (150 - 650) μm de altura, com 5 ± 3 (1 - 12) células, e 13 ± 3 (8 - 20) μm de largura. Os multisseriados, em sua maioria trisseriados (57%), menos comumente bisseriados (16%) e tetrasseriados (12%) (Figura 4E), compostos de células procumbentes, no corpo central (5-19), e curta fileira marginal (1-5 células) de quadradas e eretas (Figura 4C); de 457 ± 106 (190 - 620) μm de altura, com 16 ± 4 (8 - 25) células, e 33 ± 6 (15 - 50) μm de largura. Raios fusionados, presentes. Raios agregados, ausentes. Células perfuradas, presentes (Figura 4D); células latericuliformes, envoltentes e oleíferas, ausentes.

Fibras: libriformes, septadas (Figura 4F); médias (1435 ± 286 (910 - 2000) μm) e de paredes delgadas a espessas (6 ± 1 (4 - 9) μm), com pontoações simples, em fenda vertical e abertura grande, restritas às faces radiais da parede. O tecido fibroso ocupa 48% do volume da madeira. Fibras gelatinosas, espessamentos helicoidais e traqueoides, ausentes.

Outros caracteres: cristais, em forma de areia (microcristais) e depósitos nas células dos raios (Figura 4C). Canais celulares, cistos glandulares, estrutura estratificada, sílica, floema incluso, células oleíferas, células mucilaginosas e máculas medulares, ausentes.

5.1.3 *Calycophyllum multiflorum* Griseb.

Anéis de crescimento: distintos, marcados por camadas de fibras radialmente estreitas no lenho tardio, com paredes mais espessas e lignificadas, bem como por um pequeno alargamento dos raios no limite do anel (Figura 5A, B).

Vasos: frequentemente em contato com raios (Figura 5B); de seção arredondada, com tendência a oval (42 ± 9 (15 - 60) μm) e paredes espessas (4 ± 1 (1-10) μm); em porosidade difusa, uniforme, compondo 38% do volume da madeira. Vasos extremamente numerosos (434 ± 47 (322 - 549) poros/ mm^2), predominantemente em múltiplos radiais (70%) de 2-11, menos comumente solitários (24%) e em escassos racemiformes (6%) com 3-10 unidades (Figura 5A). Elementos vasculares de comprimento médio ($627 \pm 122,0$ (350-910) μm), com placas de perfuração simples, oblíquas (Figura 5E); desprovidos de espessamentos helicoidais e estriações na parede; apêndices longos (94 ± 56 (25 - 290) μm), em ambas ou em apenas uma extremidade. Pontoações intervasculares alternas, arredondadas, ornamentadas (Figura

5F), pequenas (5 ± 1 (4 - 8) μm) com abertura lenticular, horizontal, inclusa. Pontoado raio-vascular, semelhante ao intervascular, embora ligeiramente menor (3 ± 1 (3 - 5) μm). Tilos, ausentes.

Parênquima axial: ausente.

Raios: heterogêneos, de dois tamanhos distintos, com abundância de (12 ± 2 (8 - 16) raios/mm). Tecido radial ocupando 22% do volume do lenho. Raios unisseriados (29%), de 267 ± 114 (80 - 660) μm de altura, com 6 ± 3 (2 - 13) células, e 15 ± 3 (8 - 25) μm de largura, compostos de células quadradas e eretas. Os multisseriados, em sua maioria com duas células de largura (67%) e raros trisseriados (4%) (Figura 5E); de 384 ± 99 (210 - 650) μm de altura, com 14 ± 4 (6 - 22) células, e 26 ± 4 (15 - 38) μm de largura, reunindo células procumbentes, no centro (2-19), e 1-5 fileiras marginais de células quadradas e eretas (Figura 5C). Raios fusionados, presentes. Células perfuradas, presentes. Células envolventes e latericuliformes, ausentes.

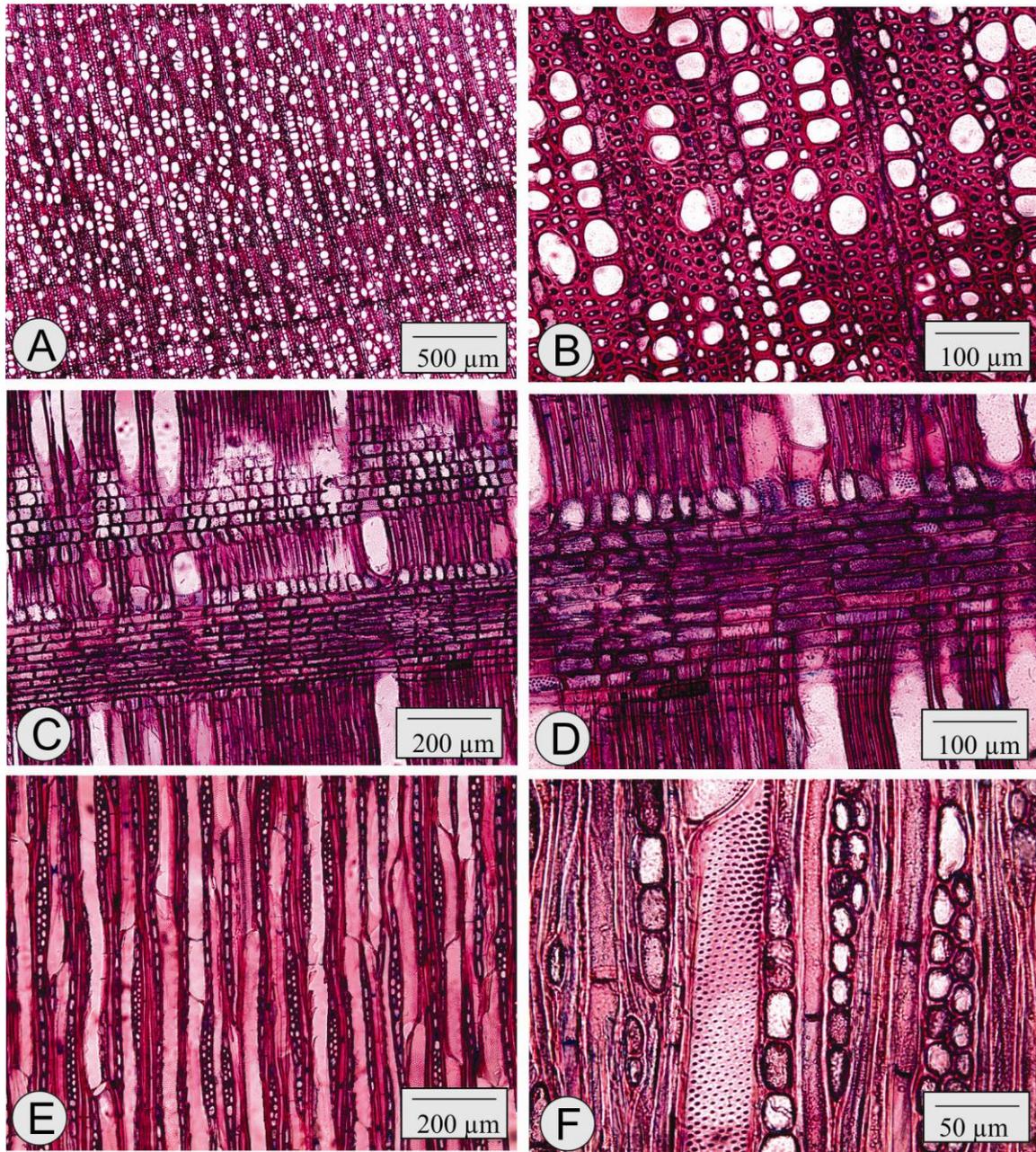


Figura 5 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum multiflorum*. A – Limite do anel de crescimento, porosidade difusa, poros extremamente numerosos, solitários, em múltiplos radiais e racemiformes (seção transversal). B – Mesmo plano anatômico, destacando fibras de paredes achatadas radialmente no limite do anel e vasos em contato frequente com células de raio. C – Raio heterogêneo, com células procumbentes ao centro, e margens de células quadradas e eretas (seção longitudinal radial). D – Mesma seção, em maior aumento, salientando fibras libríformes septadas, depósitos e areia cristalina no parênquima radial. E – Seção longitudinal tangencial, evidenciando raios uni e bisseriados, em sua maioria, e elementos vasculares com placas de perfuração simples, oblíquas. F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, ornamentadas, diminutas, e fibras septadas (seção longitudinal tangencial)

Fibras: libriformes, septadas (Figura 5D, F), com pontoações simples, em fenda vertical, restritas às faces radiais da parede. Tecido fibroso ocupando 40% do volume da madeira. Fibras médias (1257 ± 269 (90 - 1780) μm), de paredes delgadas a espessas (6 ± 1 (3 - 10) μm). Espessamentos helicoidais, ausentes. Fibras gelatinosas, não observadas.

Outros caracteres: depósitos e cristais em forma de areia (microcristais), presentes nas células de raio (Figura 5D). Canais intercelulares, canais celulares, cistos glandulares, estrutura estratificada, sílica, floema incluso, células mucilaginosas e máculas medulares, ausentes.

5.1.4 *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum.

Anéis de crescimento: distintos, marcados por fibras radialmente estreitas no lenho tardio, assim como pelo frequente alargamento de raios na transição de anéis (Figura 6B).

Vasos: arredondados, tendentes a ovais (83 ± 13 (40 - 125) μm) e de paredes espessas (4 ± 2 (1 - 8) μm), em arranjo radial, com abundância de 98 ± 16 (69 - 130) poros/ mm^2 , ocupando, aproximadamente 29% do volume da madeira; em múltiplos radiais (54%) de 2-6, solitários (40%), menos comumente em racemos (6%) de 3-5 unidades. Vasos em frequente contato com as células de raio. Porosidade difusa, uniforme (Figura 6A,B). Elementos vasculares de 589 ± 225 (210 - 1013) μm de comprimento, com placas de perfuração simples, oblíquas, e apêndices longos (101 ± 64 (20 - 420) μm), em ambas, menos comumente, em uma extremidade. Espessamentos helicoidais, estriações e tilos, não observados. Conteúdo, sem cor característica, abundante no interior dos vasos. Pontoações intervasculares pequenas, arredondadas (5 ± 1 (3 - 8) μm), alternas, com abertura lenticular, horizontal, inclusa, ornamentada. Pontoações raio-vasculares, semelhantes as intervasculares, porém menores (3 ± 1 (3-5) μm).

Parênquima axial: ausente.

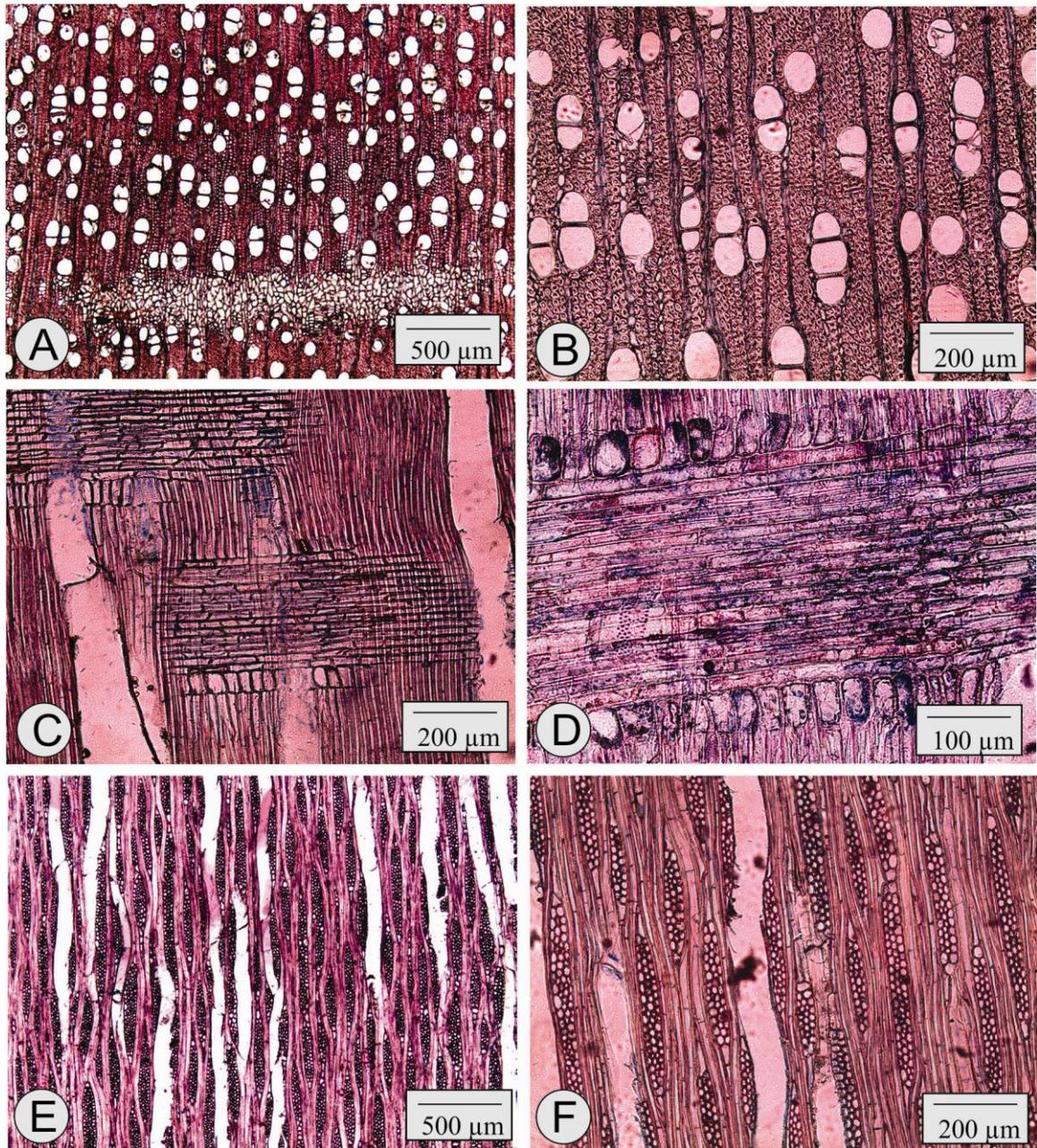


Figura 6 – Aspectos anatômicos do lenho de *Calycophyllum spruceanum*. A – Poros muito numerosos, solitários, múltiplos radiais e escassos racemos, frequentemente tocando as células de raio; máculas medulares (seção transversal). B – Mesma seção, em maior aumento, destacando anel de crescimento demarcado por fibras radialmente estreitas, e pelo alargamento dos raios; poros arredondados, tendentes a ovais. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células procumbentes ao centro, e margens de células quadradas e eretas. D – Seção longitudinal radial, em maior aumento, evidenciando a presença de areia cristalina e depósitos. E – Aspecto da seção longitudinal tangencial, evidenciando raios com 1 a 5 (ou mais) células de largura. F – Fibras libriformes, septadas, e raios uni e multisseriados (seção longitudinal tangencial)

Raios: com abundância de (11 ± 2 (8 - 14) raios/mm), representando 24% do volume da madeira; heterogêneos e de dois tamanhos distintos, reúnem células procumbentes, quadradas e eretas (Figura 6C). Raios fusionados, frequentes; raios agregados, ausentes. Os unisseriados, escassos (12%), com células quadradas no corpo central (1-8 fileiras) e 1 fileira de células eretas, nas margens; de 279 ± 110 (110 - 620) μm de altura, com 4 ± 2 (1-5) células, e 14 ± 4 (5 - 25) μm de largura. Os multisseriados, em sua maioria tri e tetrasseriados (43 e 38%, respectivamente), menos comumente bisseriados (4%) e com escassos raios (3%) com 5 células de largura (Figura 6E); compostos de células procumbentes, na parte central (5-52), e 1-5 fileiras marginais de células quadradas e eretas; de 554 ± 161 (200 - 1230) μm de altura, com 22 ± 8 (7 - 54) células, e 39 ± 15 (13 - 85) μm de largura. Células perfuradas de raio, frequentes entre as quadradas e eretas. Células envolventes, cristalíferas e latericuliformes, ausentes.

Fibras: libriformes, representando, aproximadamente, 47% do volume da madeira. Fibras septadas, com pontoações simples, e abertura em fenda vertical, restritas às faces radiais da parede (Figura 6F). Fibras médias (1441 ± 366 (720 - 2400) μm), de paredes delgadas a espessas (7 ± 2 (3 - 21) μm). Espessamentos espiralados, fibras gelatinosas e traqueóides, ausentes.

Outros caracteres: cristais em forma de areia cristalina e depósitos, presentes nas células radiais (Figura 6D). Variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, inclusões minerais, células mucilaginosas e estratificações, ausentes. Máculas medulares, observadas no material examinado (Figura 6A).

5.2 Análise da estrutura anatômica das espécies descritas

5.2.1 Análise comparativa dos elementos estruturais do xilema

A madeira das espécies investigadas reúne frações pouco variáveis de vasos, raios e fibras (Figura 7). As maiores diferenças encontradas prendem-se a caracteres quantitativos, destacando-se a abundância de poros, e o comprimento de elementos vasculares e fibras.

O percentual médio de vasos oscila de 20%, em *Calycophyllum candidissimum*, a 29% e 38%, em *Calycophyllum multiflorum* e *Calycophyllum spuceanum*, respectivamente. Para

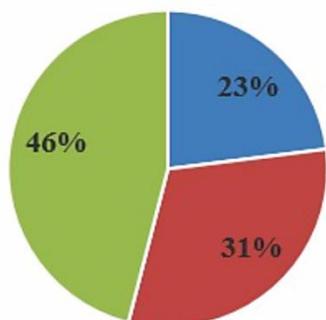
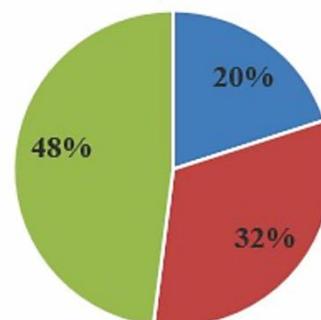
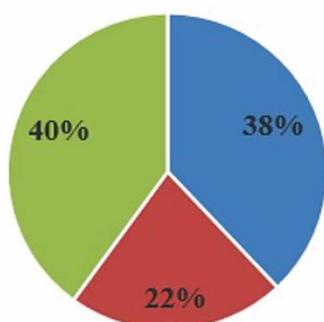
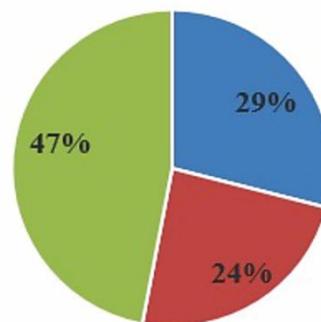
Calycophyllum spruceanum f. *brasiliensis*, o volume percentual de vasos é ainda menor, correspondendo a 23% do volume da madeira.

A fração de parênquima radial oscilou sensivelmente entre as espécies de *Calycophyllum*. Em *C. multiflorum* e *C. spruceanum*, os raios aparecem em menor porcentagem do que os vasos e as fibras, com valores médios de 22% e 24%, respectivamente. Já em *C. candidissimum* e *C. spruceanum* f. *brasiliensis*, o tecido radial embora menos frequente que as fibras, é mais conspícuo que os vasos no lenho.

O volume percentual de fibras varia aproximadamente de 40 a 50%, sendo o tipo celular predominante na estrutura anatômica de todas as espécies estudadas. Vale ressaltar que as fibras são consideradas, por diversos autores, como uma das principais responsáveis pela resistência das madeiras de Angiospermas Dicotiledôneas. Verificou-se uma relação inversa entre a fração de poros e fibras entre as espécies de *Calycophyllum candidissimum* e *C. multiflorum*: quanto maior a porcentagem de tecido fibroso, menor a de vasos, como observado em *C. candidissimum*, ao passo que em *C. multiflorum*, quanto menor a porcentagem de fibras, maior a de vasos.

Uma análise geral das características anatômicas dos quatro exemplares de *Calycophyllum* permite agrupá-las na estrutura de lenho denominada tipo II, para a família Rubiaceae, de acordo com Koek-Noorman (1977) e Jansen et al. (2002), por apresentar poros predominantemente em múltiplos radiais; parênquima axial ausente; raios grandes (2-4 células ou mais), com poucas camadas de células quadradas e eretas na margem; fibras septadas, com pontoações simples.

Quanto a delimitações em nível de subfamília, todavia, o gênero não atende aos padrões citados por Koek-Noorman (1972) e Jansen et al. (1997, 1999) para Ixoroideae: vasos solitários, ou menos comumente em pequenos múltiplos radiais, fibrotraqueóides, e parênquima axial difuso, difuso-em-agregados e em pequenas linhas marginais. Com relação à tribo Condamineae, *Calycophyllum* parece estar bem posicionado taxonomicamente dentro da tribo, visto que a maioria dos seus representantes reúnem, segundo Koek-Noorman e Hogeweg (1974), as características anteriormente referidas para o lenho tipo II. Contudo, há discordância quanto à uniformidade da madeira, posto que os mesmos autores atribuem lenho heterogêneo para a tribo Condamineae, diferindo, neste aspecto, dos resultados observados neste trabalho, e do referido, por Record e Hess (1949) para o conjunto das Rubiaceae, e para o gênero *Calycophyllum*, que caracteriza-os pela presença de lenho essencialmente homogêneo.

Calycophyllum spruceanum f. *brasiliensis**Calycophyllum candidissimum**Calycophyllum multiflorum**Calycophyllum spruceanum*

■ Vascos
 ■ Raios
 ■ Fibras

Figura 7 – Volume percentual médio dos diferentes tecidos nas quatro espécies em estudo

5.2.2 Anéis de crescimento e porosidade

Para a família Rubiaceae, atribui-se anéis de crescimento geralmente presentes, embora frequentemente indistintos e, por vezes, ausentes (RECORD; HESS, 1943). No presente estudo, as espécies descritas apresentam camadas de crescimento distintas, individualizadas por fibras de menor diâmetro radial e paredes mais espessas no final do lenho tardio, bem como pelo alargamento de raios na transição do anel, embora haja variação quanto à nitidez no limite de cada camada e a estrutura anatômica ao longo dessas (Figura 8).

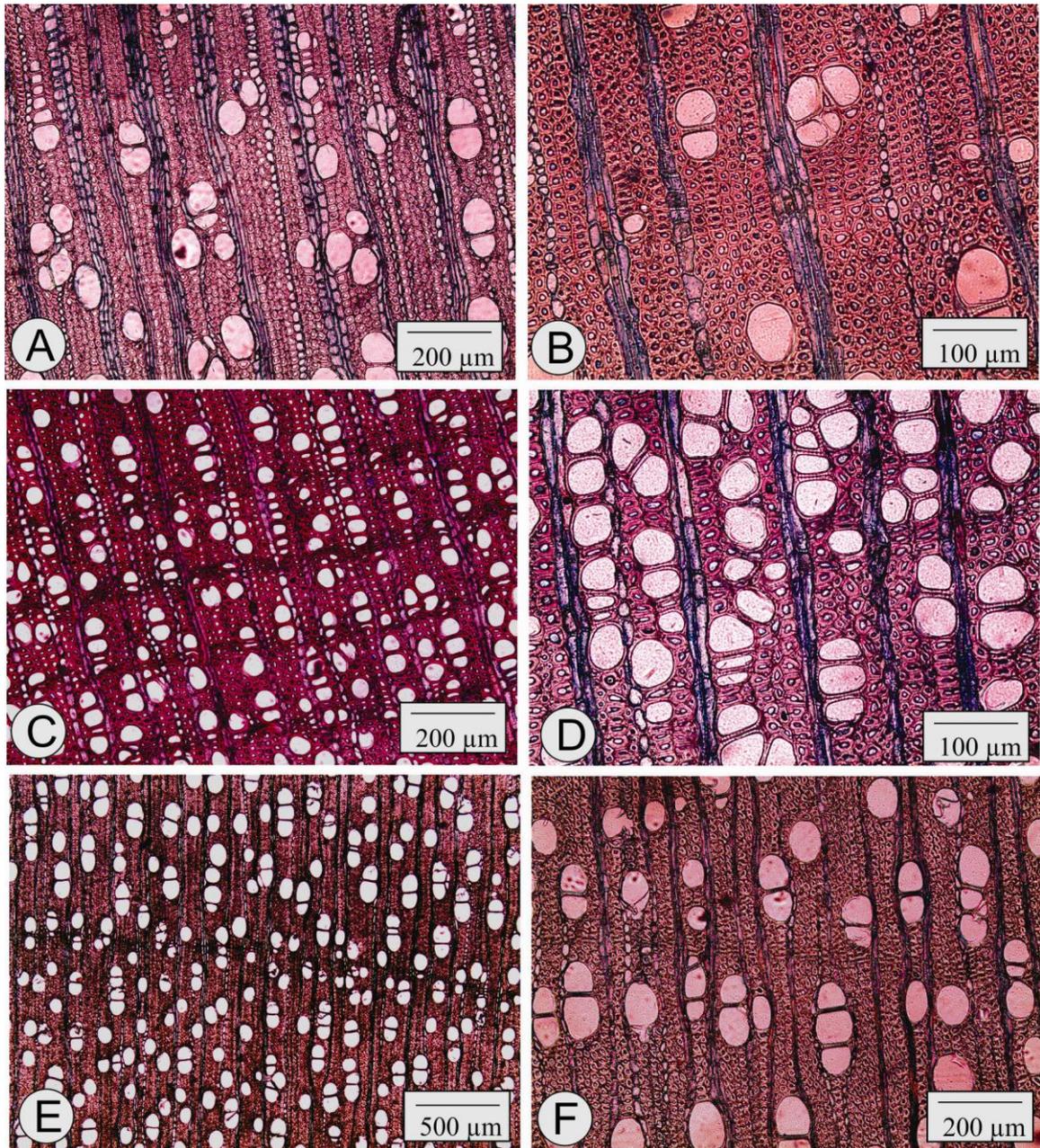


Figura 8 – Seção transversal da madeira, evidenciando porosidade difusa e anéis de crescimento distintos, visualizados por fibras de menor diâmetro radial e paredes mais espessas no final do lenho tardio, bem como pelo alargamento de raios na transição do anel. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*. B – *Calycophyllum candidissimum*. C – *Calycophyllum multiflorum*. D – *Calycophyllum multiflorum*, em maior aumento. E – *Calycophyllum spruceanum*. F – Mesma espécie, em maior aumento

Camadas de crescimento semelhantes foram descritas para *Coussarea congestiflora* Müll. Arg. (NOGUEIRA, 2005), *Simira glaziovii* (K. Schum.) Steyer. e *S. pikia* (K. Schum.) Steyer. (CALLADO; SILVA NETO, 2003), *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K. Schum. (SIEGLOCH et al., 2011a). Na tribo Ixoroideae, outros representantes compartilham a mesma característica: *Coffea arabica* L., *Psilanthus bridsonii* Leroy e *Argocoffeopsis eketensis* (Wernh.) Robbr. (JANSEN et al., 1997).

Na anatomia descritiva da família, é mencionado por Marchiori (1987) e León (2011), a ausência de anéis de crescimento em *Randia ferox* (Sw.) DC., *Genipa americana* L., *Morinda peduncularis* Kunth, *Bertiera guianensis* Aubl., *Duroia fusilera* Hook.f. ex K. Schum., *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult., e *P. panamensis* (Walp. & Duchass.) Walp.

O alargamento dos raios no limite do anel de crescimento pode ser observado em espécies de folhosas, conforme Burger e Richter (1991), juntamente com outras características anatômicas: presença de uma faixa de células parenquimáticas, concentração maior ou menor de poros no início do período vegetativo, espessamento diferencial das paredes das fibras, etc.

O lenho das quatro espécies investigadas apresenta porosidade difusa, padrão referido por Metcalfe e Chalk (1972) para o conjunto das Rubiáceas. León (2011), em estudo de 31 espécies e 21 gêneros da Venezuela, também constatou distribuição difusa na totalidade dos exemplares. Resultados semelhantes são descritos para os gêneros *Uncaria* Schreb. (POLLITO; TOMAZELLO, 2006), *Randia* Houst. (MARCHIORI, 1987) e *Bathysa* C. Presl. (COELHO, 2009). Sobre este aspecto, cabe elencar que o predomínio do padrão difuso é tendência geral em Dicotiledôneas (METCALFE; CHALK, 1972; WHEELER et al., 2007).

Do ponto de vista evolutivo, a porosidade difusa é considerada mais primitiva do que a porosidade em anel (EAMES, 1961; GILBERT, 1940). Contudo, esse padrão ainda não é muito bem esclarecido, ocorrendo opiniões divergentes a este respeito, sendo o tipo de porosidade interpretado, por vezes, como uma resposta ecológico-adaptativa, pouco relacionada com evolução.

Burger (1979) constatou que a porosidade é uma característica anatômica altamente influenciada por fatores do ambiente, juntamente com a cor do cerne e a espessura das fibras. Baas et al. (1983), Roig (1986), e Baas e Schweingruber (1987) associaram o tipo de porosidade a fatores ambientais, como a disponibilidade hídrica. Villalba (1985), Roig (1986) e Gomes e Muñiz (1986) observaram em distintas espécies que a porosidade em anel ocorre em indivíduos de ambientes secos ou é produzida em anos de baixa precipitação

pluviométrica, ao passo que as porosidades semi-difusa e difusa caracterizam locais úmidos ou anos mais chuvosos.

De maneira geral, a constatação anterior é evidente nas espécies de *Calycophyllum* em estudo, nativas de regiões Neotropicais, mais precisamente das florestas úmidas brasileiras, como a Amazônica, e nas províncias argentinas de Formosa, Jujuy e Salta. Contudo, verificações mais aprofundadas a respeito da relação entre porosidade da madeira e ambiente devem ser discutidas com ressalvas, uma vez que não se tem conhecimento exato do contexto edafoclimático relativo às amostras analisadas na pesquisa.

5.2.3 Elementos vasculares

Nas espécies em estudo, o tecido vascular geralmente coincide com os padrões referidos na literatura. Metcalfe e Chalk (1972) e Record e Hess (1943) citam para a família: vasos tipicamente pequenos, numerosos a muito numerosos; poros exclusivamente solitários ou em múltiplos radiais de 4 ou mais unidades, bem distribuídos e sem um padrão de arranjo na maioria dos casos; elementos vasculares de comprimento médio a longo, desprovidos de espessamentos espiralados; placas de perfuração simples, reticulada-escalariforme ou, ocasionalmente, outro tipo de placa; pontuações ornamentadas, alternas, pequenas até diminutas; tiloses, por vezes presentes; depósitos de gomo-resina, comumente abundantes.

Quanto ao diâmetro tangencial de poros, a classificação da IAWA Committee (1989), os caracteriza como pequenos ($\leq 50 \mu\text{m}$), em *Calycophyllum multiflorum* e *C. candidissimum*, e médios (50-100 μm), em *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* e *Calycophyllum spruceanum*. A seção, arredondada ou tendente a oval, não variou nas espécies descritas. A espessura da parede celular por sua vez, varia de fina (3 μm) a espessa (5 μm).

Para *Calycophyllum multiflorum*, o palo-branco-da-argentina, Tortorelli (1956) refere poros pequenos, com valores mínimos, médios e máximos de 30-50-70 μm , respectivamente. Conforme o autor, o tamanho reduzido dos vasos confere homogeneidade à madeira.

Jansen et al. (1997), em estudo de espécies africanas da tribo Psychotrieae (Rubiaceae-Rubioideae), encontrou, para a maioria das mesmas, diâmetros tangenciais médios de 60 μm , e, por vezes, diâmetros ainda maiores na direção radial.

Cabe salientar que o diâmetro de poros é caráter importante para a fisiologia vegetal, interferindo, de maneira direta, na condução de água e substâncias minerais na planta.

Segundo Zang et al. (1992), essa característica influencia de maneira direta na condução de líquidos, ou seja, à medida que aumenta o diâmetro dos vasos, a eficiência na condução também aumenta, ao mesmo tempo em que diminui a segurança, devido à relação inversa que se mantém com a frequência de vasos. No entanto, vasos estreitos são mais seguros, pois se encontram em maior número, garantindo a segurança no deslocamento da água, principalmente no que se refere à embolia celular (BAAS et al., 1983).

No material descrito, tais relações são confirmadas, posto que as madeiras investigadas, apresentam elevadas abundâncias de poros, com diâmetros tangenciais reduzidos. Dessa maneira, quando analisado esse ponto isoladamente, as relações hídricas, como eficiência e condução de água, estariam asseguradas no corpo da planta.

Com relação à abundância de poros, o caráter varia desde muito numerosos (40-100 poros/mm²), em *C. spruceanum* f. *brasiliensis* e *C. spruceanum*, a extremamente numerosos (≥ 100 poros/mm²), em *C. candidissimum* e *C. multiflorum*; esta última espécie, por sua vez, apresentou a maior abundância (434 poros/mm²), como visualizado na figura 9. Os resultados, que separam as espécies em duas classes distintas, podem ser explicados, uma vez que *C. spruceanum* f. *brasiliensis* é uma variedade da espécie *C. spruceanum*.

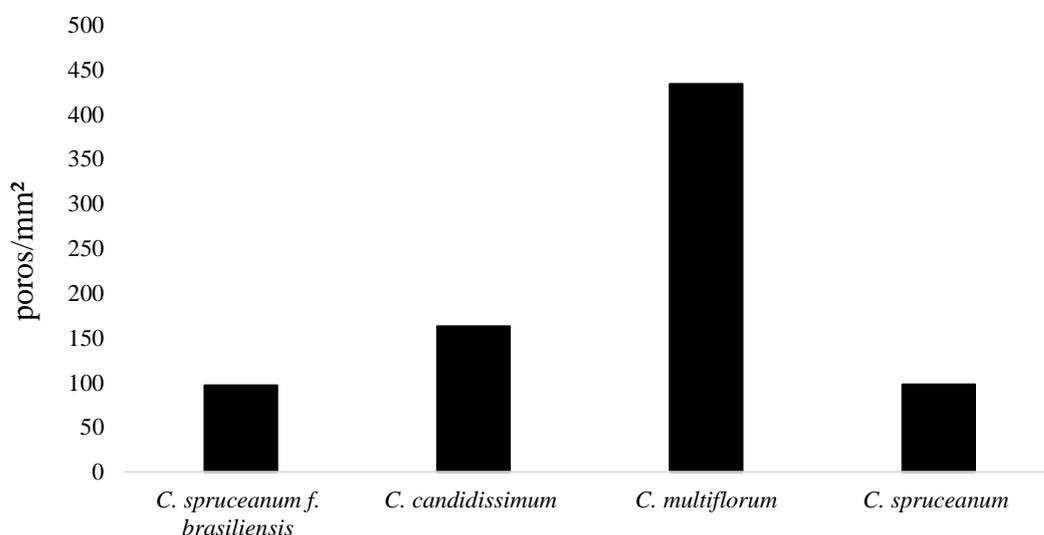


Figura 9 – Abundância média de poros (poros/mm²) das espécies descritas

Para as Rubiaceae, o número de poros por milímetro quadrado oscila consideravelmente, como evidenciado por León (2011) em suas pesquisas com anatomia

descritiva da família, verificando uniformidade nas células de condução quanto ao tipo de porosidade e pontoações; arranjo, diâmetro tangencial e comprimento dos vasos, ao passo que as maiores variações foram observadas na abundância, que oscilou de 4-187 poros/mm².

A densidade e diâmetro de vasos são discutidas, por muitos autores, como possíveis adaptações aos diferentes tipos de floresta. Baas e Schweingruber (1987) referem que a frequência e diâmetro de vasos, bem como o comprimento dos elementos vasculares, são aparentemente relacionadas com variações ambientais e o hábito de crescimento das plantas.

Assim como o diâmetro, a abundância de poros também é variável importante na interpretação do sistema condutivo em termos funcionais, sendo, por isso, normalmente discutida em trabalhos de anatomia ecológica. Carlquist (2001) assinala que esta é uma medida extremamente sensível de mesomorfia e xeromorfia, e que valores acima de 100 vasos/mm² atestam xeromorfia, ao passo que baixas frequências normalmente ocorrem em espécies de florestas tropicais úmidas. Estas relações, como já salientado anteriormente, devem ser analisadas com cautela nas espécies estudadas, posto que não se tem conhecimento exato do local onde as amostras foram coletadas.

As espécies descritas no presente estudo, exibem poros em múltiplos radiais, juntamente com poros solitários e racemiformes, corroborando descrições de Metcalfe e Chalk (1972), Record e Hess (1943) e Jansen et al. (1997), que referem formas de agrupamento similares para a maioria dos gêneros da família. A estrutura observada, por sua vez, discorda da caracterização anatômica da tribo Ixoroideae, segundo Koek-Noorman (1972) e Jansen et al. (1997, 1999), que reportam vasos exclusivamente ou predominantemente solitários e, ocasionalmente, em curtos múltiplos radiais.

Em seção transversal, o agrupamento de vasos mostra variação apreciável no material em estudo, e permite a separação das espécies de *Calycophyllum*: poros geralmente solitários foram observados apenas em *C. spruceanum* f. *brasiliensis*; em *C. multiflorum*, cerca de 70% dos vasos ocorrem em múltiplos radiais (2-11 poros); em *C. candidissimum* e *C. spruceanum*, mesmo prevalecendo agrupamentos em múltiplos, é expressiva a porcentagem de vasos solitários. Os racemiformes, com 3 até 10 células, mostram-se pouco conspícuos no material, não ultrapassando 7% do total, em todas as espécies analisadas.

Essa característica igualmente ajudou na separação das espécies investigadas por Jansen et al. (1997), que segregou a tribo Psychotriiiae nas subtribos Gaertnerinae e Psychotriinae mediante caracteres anatômicos qualitativos, tais como o agrupamento de poros, correspondendo poros solitários à primeira, e em múltiplos radiais à segunda tribo, respectivamente. Jansen et al. (1999), por sua vez, recomenda que o carácter agrupamento de

vasos deve ser utilizado com cautela para fins taxonômicos, por ser altamente influenciado pelo ambiente.

Como mencionado, o agrupamento de poros está estreitamente relacionado ao grupo taxonômico. Em Asteraceae, por exemplo, os padrões dentrítico e em múltiplos radiais são largamente predominantes; nas Fabaceae, a presença de poros solitários e em múltiplos radiais/racemiformes é verificada na maioria dos gêneros; em Myrtaceae, por sua vez, é nítida a tendência de formar poros solitários (RECORD; HESS, 1943; METCALFE; CHALK, 1972).

O comprimento médio dos elementos vasculares, está dentro dos limites citados por Metcalfe e Chalk (1972) para a família. Há pouca variação nas espécies pesquisadas, de 589 a 660 μm (Figura 10, 11), o que, segundo IAWA Committee (1989), define o caráter como de comprimento médio. O valor mais extremo corresponde a *Calycophyllum spruceanum* (589 μm), servindo como auxílio para diferenciação desta espécie. O comprimento médio dos apêndices, presentes em ambas ou em apenas uma extremidade, é descrito como longo, oscilando de 90-110 μm (Figura 10, 11). De acordo com Metcalfe e Chalk (1972), Dickison (1975) e Baas (1982), a ocorrência de apêndices longos remete à maior primitividade das espécies.

A uniformidade nas células de condução não parece ser característica exclusiva de *Calycophyllum*, dentro das Rubiaceae. León (2011), em espécies da Argentina, observou uniformidade no tecido vascular quanto ao tipo de porosidade, disposição dos poros e pontuações, bem como valores similares de diâmetro e comprimento de vasos.

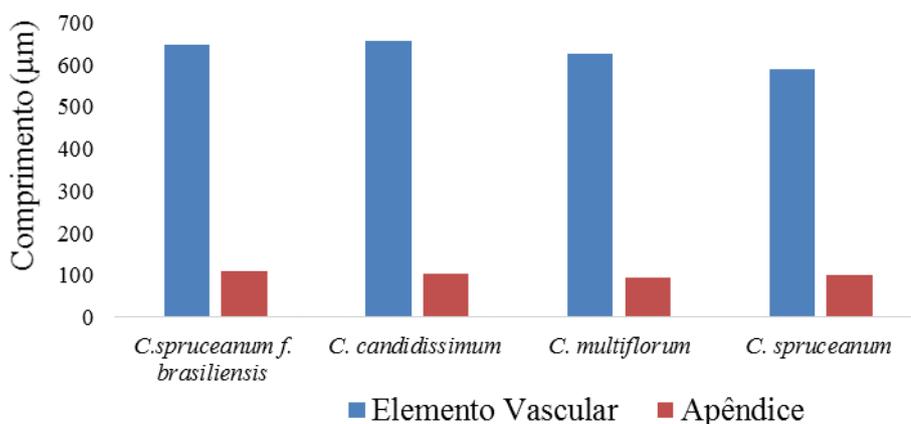


Figura 10 – Comprimento médio de elementos vasculares e apêndices no material em estudo

Todas as espécies estudadas apresentam placas de perfuração exclusivamente simples, em posição oblíqua (Figura 11), caráter frequentemente citado como de larga ocorrência em Rubiaceae (JANSEN et al., 2002). Resultados semelhantes são reportados por Lens et al. (2000) para a tribo Vanguerieae – Ixoroideae. Essa característica é também evidenciada em espécies de Euphorbiaceae, Myrtaceae e Leguminosae (Fabaceae). Placas de perfurações simples, de acordo com Wheeler (1986) são observadas na grande maioria das espécies arbóreas.

Para a família, placas de perfuração escalariformes e reticuladas foram consideradas frequentes no lenho de *Remijia densiflora* Benth., *R. pacimonica* Mull. Arg. e ocasionalmente presentes em *Cinchona pubescens* Vahl, *Pagamea plicata* Spruce & Benth., *Posoqueria panamensis* (Walp. & Duchass.) Walp., *Psychotria berteriana* DC. e *Rudgea hostmanniana* Benth. (LÉON, 2011). Para *Batysa cuspidata* (St.-Hil.) Hook. f., Coelho (2009) registrou placas de perfuração simples ou múltiplas (intermediárias entre simples e escalariformes), sendo que algumas de formato incomum (em oito, piriforme), e outras dispostas na lateral dos vasos. Jansen et al. (1997), em seus trabalhos com gêneros africanos da tribo Psychotrieae (Rubiaceae – Rubioideae), descreve a ocorrência de inúmeros tipos de placas de perfuração na família, como já demonstrado anteriormente por Ohtani (1984).

Segundo Wheeler e Baas (1991), as placas de perfuração simples são mais eficientes no caso de alta demanda de fluxo de água, decorrente de altas taxas de transpiração, observadas em regiões secas e quentes. Para *Styrax camporum* Pohl, espécie do cerrado brasileiro, Machado et al. (1997) encontraram placas de perfuração predominantemente simples nas raízes e escalariformes no caule, sugerindo que este fato se deva à adaptação a condições ambientais distintas. A respeito, Evert (2006) afirma que placas de perfuração múltiplas, formadas por mais de uma abertura, são comuns em espécies tropicais de altas montanhas, em climas temperados e mesotérmicos moderados, caracterizados por baixas temperaturas durante o inverno.

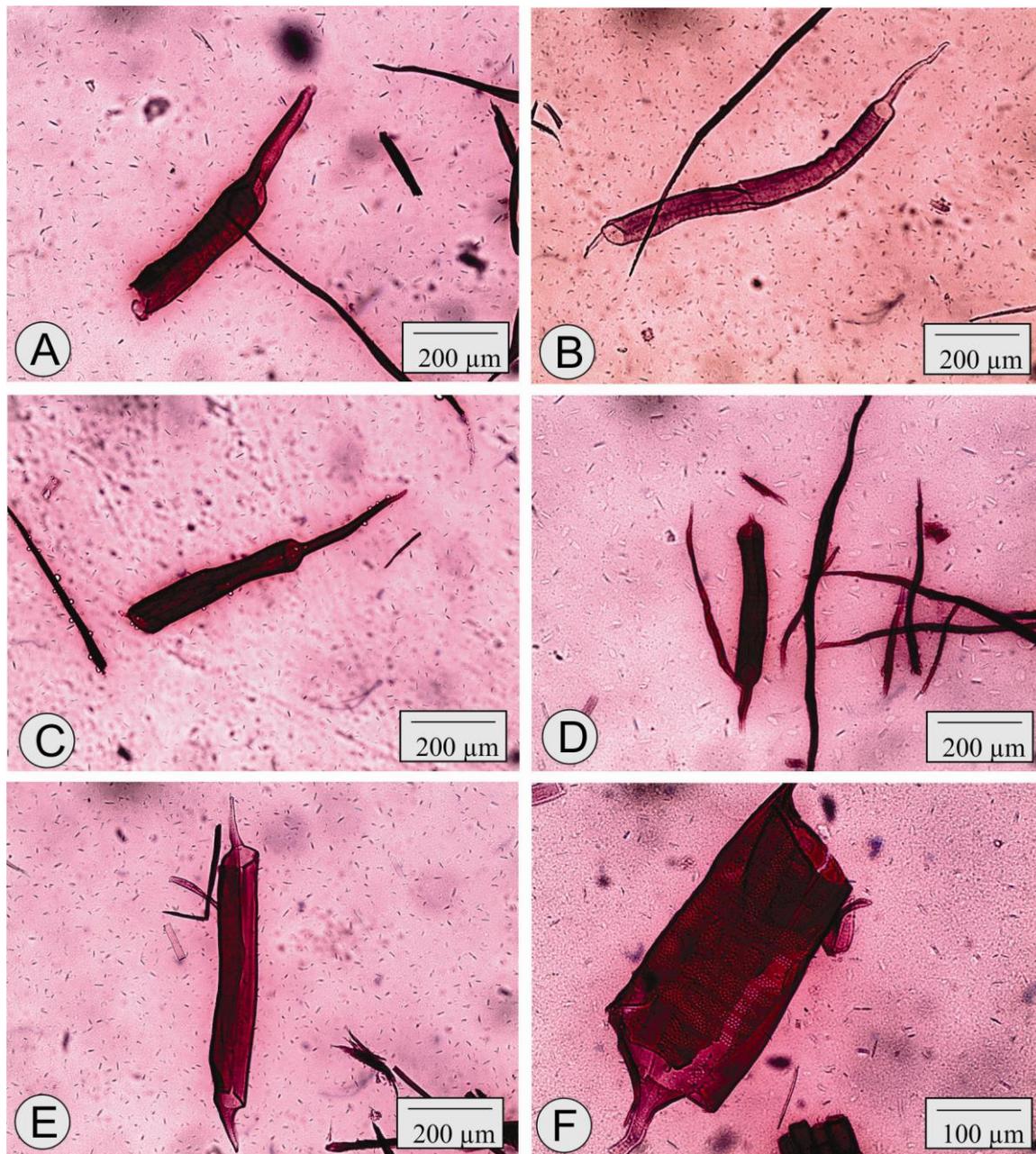


Figura 11 – Elementos vasculares com apêndices longos, em ambas ou em apenas uma extremidade, e placas de perfuração simples (macerado). A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*. B - *Calycophyllum candidissimum*. C, D – *Calycophyllum multiflorum*. E, F – *Calycophyllum spruceanum*

Na totalidade dos exemplares, as pontoações intervasculares são pequenas (4 a 7µm), arredondadas, alternas, com abertura lenticular, horizontal, inclusa. As pontoações raio-vascular, assemelham-se às intervasculares, apesar do menor tamanho (Figura 12), sendo classificadas como diminutas ($\leq 4\mu\text{m}$), segundo IAWA Committee (1989). Estes caracteres são fartamente referidos pela literatura anatômica (METCALFE; CHALK, 1972; RECORD; HESS, 1949) como constantes no lenho desta família botânica.

A presença de ornamentações nos pontoados intervascular e raio-vascular foi verificada em todas as espécies investigadas (Figura 12). Pontoações ornamentadas, também ditas guarnecidas, ocorrem em várias famílias de Angiospermas, sendo caráter constante, quando presente. De acordo com Vliet e Baas (1984), Jansen et al. (2001) e Choat e Jansen (2008), sua ocorrência é caráter conservativo – e não apenas para as Rubiaceae –, mas para toda a ordem Gentianales.

O valor taxonômico desse caráter foi avaliado por Bailey (1933) na análise de 152 famílias, onde 25 possuem pontoações ornamentadas e em apenas quatro delas é inconstante, podendo estar presente ou ausente. Nesse sentido, pontoações intervasculares alternas e ornamentadas, como observado no gênero *Calycophyllum*, é caráter de valor taxonômico para a classificação da família, e, também, adaptativo, por evitar cavitação e embolismo (JANSEN et al., 1998)

Em estudo de espécies da Venezuela, León (2011) reporta pontoações ornamentadas principalmente para a subfamília Cinchonoideae; em relação as Ixoroideae, o caráter foi encontrado apenas em *Posoqueria latifolia*. Cabe ressaltar que na ocasião o autor não referiu pontoações ornamentadas para *Calycophyllum candidissimum* e *C. venezuelense*. Já para a subfamília Rubioideae, nenhuma espécie por ele estudada apresentou pontoações com essa característica. O autor atribuiu tais resultados, em parte, à dificuldade de identificação desse caráter com microscopia ótica, sugerindo, para estudos posteriores a utilização de microscópio eletrônico de varredura (Scanning Electron Microscopy-SEM).

Sobre o tema, Wheeler et al. (1989) explicam que o grau de desenvolvimento, bem como a forma e a distribuição das ornamentações, variam de acordo com o grupo taxonômico. Quando as pontoações, são grandes e as ornamentações bem desenvolvidas, como em *Terminalia* L. (Combretaceae), estas são relativamente fáceis de serem vistas em microscopia convencional; quando muito pequenas, casos de Apocynaceae e Rubiaceae, a visualização se torna difícil. Nesse caso, como bem observado por León (2011), a determinação segura do caráter demanda microscopia eletrônica.

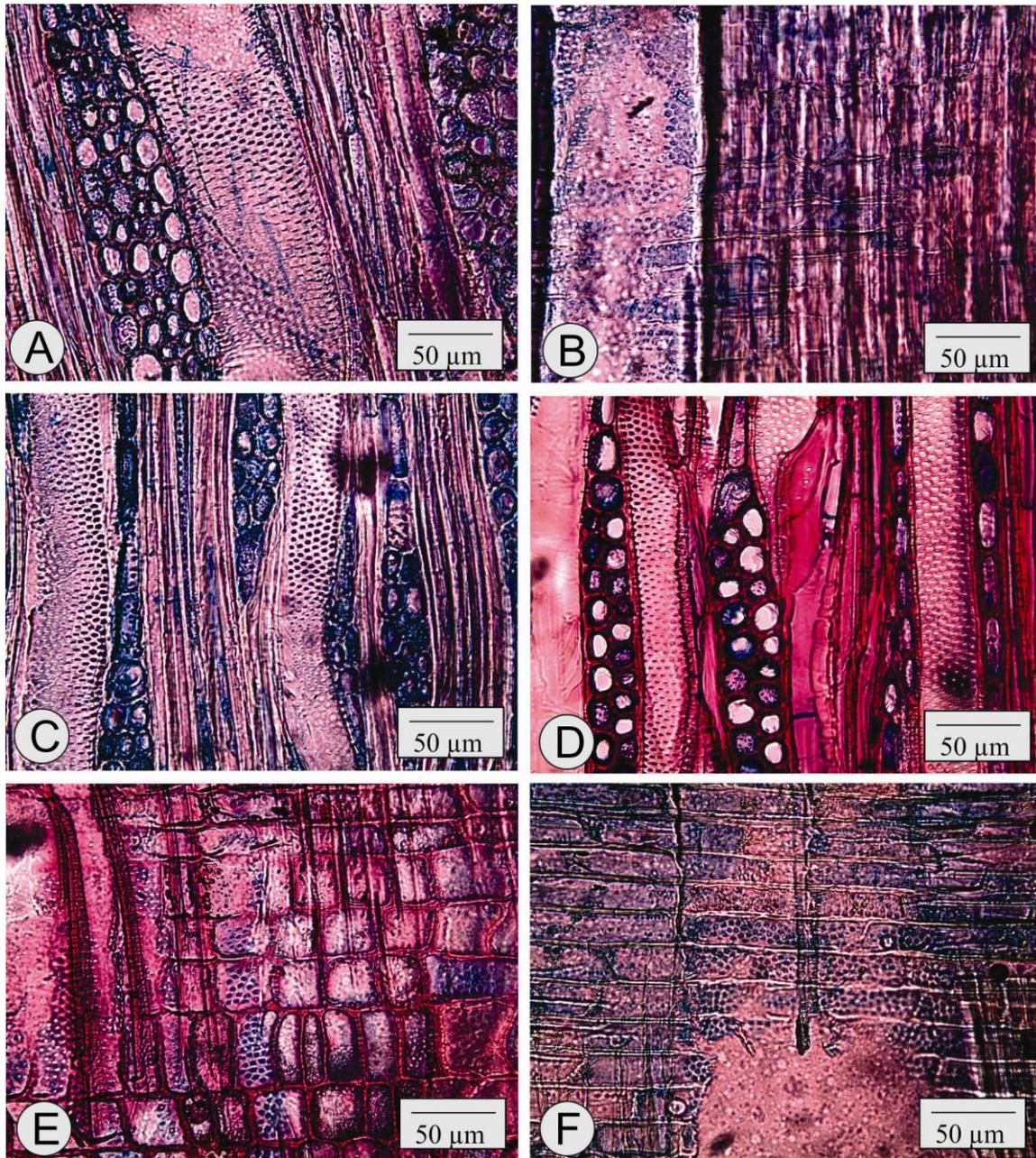


Figura 12 – Pontoações intervasculares e raio-vasculares. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, com pontoações alternas, pequenas e ornamentadas em plano longitudinal tangencial. B – Mesma espécie, com pontoações raio-vasculares alternas, ornamentadas, diminutas (seção longitudinal radial). C – Pontoações intervasculares ornamentadas, alternas e de tamanho pequeno, em *Calycophyllum candidissimum* (seção longitudinal tangencial). D – *Calycophyllum multiflorum*, com pontoações ornamentadas, alternas e pequenas (seção longitudinal tangencial). E – Mesma espécie, com pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares, embora de menor tamanho (seção longitudinal radial). F – Seção longitudinal radial, evidenciando pontoações raio-vasculares em *Calycophyllum spruceanum*.

No que diz respeito a pontoações ornamentadas, Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) constataram fortes indícios de correlação entre esse carácter e ambientes secos. As guarnições teriam papel importante na prevenção de embolias, aumentando a aderência das moléculas de água à parede das células (CARLQUIST, 1988). Essa relação também foi constatada por Pires e Marcati (2005), apontando a presença de ornamentações em espécies do cerrado brasileiro. A falta de informações sobre os fatores edáficos e climáticos da região de estudo, não permite discussões mais abrangentes quanto a existência dessa correlação em *Calycophyllum*.

Para as espécies pesquisadas, não foi denotada a presença de tilos, contrariamente a Tortorelli (1956) e Richter e Dallwitz (2009), que referem tiloses para *Calycophyllum multiflorum*. A ausência do carácter pode ser facilmente explicado pelo reduzido diâmetro dos vasos, menores que 100 µm, e das pontoações, com valor médio de 5 µm de diâmetro, aspectos determinantes na formação de tiloses, segundo Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2003).

Elementos vasculares pequenos, juntamente com pontoações diminutas, não propiciam o desenvolvimento dos tilos, conforme Bonsen e Kucera (1990). Neste caso, os elementos de vaso inativos para o transporte de água são normalmente obliterados por gomo-resinas, o que também não foi observado no lenho das espécies descritas.

Identificaram-se conteúdos sem coloração característica no interior dos poros de *Calycophyllum multiflorum* e *C. spruceanum*; como não foram realizados testes histoquímicos no material, a natureza dos mesmos não pode ser aventada. A presença de gomo-resina foi descrita para *Calycophyllum candidissimum*, por Léon (2011), autor que refere essa característica também para outras Rubiáceas, como *Amaioua corymbosa* Kunth., *A. guianensis* Aubl., *Duroia fusifera* Hook.f. ex K.Schum., e *Alseis labatioides* H.Karst. ex K.Schum. Vale lembrar que depósitos de gomo-resina são citados como tendo ampla ocorrência dentro da família, conforme Metcalfe e Chalk (1972) e Record e Hess (1943).

Ressalva-se como peculiaridades, em todas as espécies estudadas, o frequente contato de poros com células de parênquima radial. A característica pode servir de subsídio para a segregação das mesmas dentro da família, uma vez que o carácter não é reportado para o conjunto das Rubiaceae. Maiores considerações a respeito, todavia, ficam limitadas pela ausência de aporte literário sobre essa característica.

5.2.4 Parênquima axial

No material investigado não encontrou-se parênquima axial, corroborando Record e Hess (1943), que referem a ausência do caráter ou sua ocorrência extremamente rara em *Calycophyllum*, bem como a estreita relação entre a inexistência de parênquima axial e a presença de fibras septadas, referida por Tortorelli (1956) como constante no gênero, e por Metcalfe e Chalk (1972) para o conjunto das Rubiaceae.

Em consonância com o verificado no presente estudo, Callado e Silva Neto (2003) e Léon (2011) mencionam a ausência de parênquima axial em outras espécies da família, tais como: *Simira glaziovii*, *S. pikia*, *S. rubra* e *S. rubescens*, *Bertiera guianensis*, *Duroia fusifera*, *Guettarda elliptica*, *G. crispiflora*, *Isertia hypoleuca*, *Rudgea crassiloba*, *R. hostmanniana* e *Warszewiczia coccinea*.

Para *Calycophyllum candidissimum* e *C. venezuelense*, Léon (2011) refere a presença extremamente rara de parênquima axial paratraqueal escasso, e em séries de 4-6 células. Para *Calycophyllum multiflorum*, Richter e Dallwitz (2009) registram uma tendência pouco conspícua de parênquima axial apotraqueal em arranjo difuso.

A distribuição do parênquima axial em Rubiaceae é extremamente variável, a julgar pelos padrões constantes na literatura, que variam desde ausente, em *Psychotria chionantha* Britton, *Bathysa cuspidata* e *Warszewiczia coccinea* Klotzsch, a apotraqueal-difuso, em *Canthium confertum* Korth., *Oldenlandia filifolia* K. Krause, *Randia ferox*, *Uncaria guaianensis* e *U. tomentosa*, e em faixas, casos de *Duroia aquatica* (Aubl.) Bremek, *Alibertia concolor* (Cham.) K. Schum., e *Coltoecema dewevrei* (De Wild.) E.M.A. Petit (KOEK-NOORMAN; HOGEWEG, 1974; MARCHIORI, 1987; SONSIN et al., 2008; POLLITO; TOMAZELLO, 2006; COELHO, 2009). Esta variabilidade, justamente, é o que confere valor ao caráter para a identificação de espécies (DÉTIENNE; JACQUET, 1983; DIAS-LEME et al., 1995; SOFFIATTI; ANGYALOSSY-ALFONSO, 1999).

Uma grande variação do tecido parenquimático é igualmente observada em Ixoroideae, sendo os arranjos difuso e difuso-em-agregados, descritos como de ocorrência comum na subfamília. A variação pode ser igualmente observada dentro das tribos, caso de Gardenieae, que apresenta parênquima predominantemente apotraqueal, variando de escasso difuso, até em largas faixas tangenciais. Em Ixoreae, Koek-Noormam (1972) refere padrões apotraqueal escasso até paratraqueal. Em Condamineae, Chang (1951) menciona a presença de parênquima reticulado, indistinto ou, por vezes, ausente. Em Vanguerieae, Lens et al.

(2000) descrevem parênquima difuso, difuso-em-agregados, ou ocasionalmente escalariforme, tendência verificada nos gêneros *Canthium* Lam. e *Vangueriopsis* Robyns ex R.D. Good.

A análise do parênquima axial fornece importantes subsídios para a o posicionamento taxonômico das espécies pesquisadas, e apoia a inclusão das mesmas no grupo de Rubiaceae que possui lenho do tipo II (KOEK-NOORMAN, 1977; JANSEN et al., 2002), que reúne, entre outros caracteres anatômicos: fibras septadas com pontoações simples; parênquima axial ausente, ou paratraqueal escasso; poros predominantemente em múltiplos; e raios largos. Quanto a delimitações em nível de subfamília, o gênero não concorda com os padrões mencionados para Ixoroideae: vasos solitários ou, menos comumente, em pequenos múltiplos radiais; presença de fibrotraqueóides; e parênquima difuso, difuso-em-agregados ou em estreitas linhas marginais (KOEK-NOORMAN, 1972; JANSEN et al., 1997, 1999).

5.2.5 Raios

Nas espécies de Rubiaceae presentemente investigadas, os raios lenhosos são unisseriados e multisseriados, essencialmente heterogêneos, com corpo central de células procumbentes e margens visivelmente curtas, compostas por mistura em proporções variáveis de células quadradas e eretas (Figura 13). Na totalidade das amostras, se observou uma tendência à formação de raios de dois tamanhos distintos.

Em linhas gerais, os aspectos acima elencados coincidem com o descrito na literatura para Rubiaceae, bem como para o gênero *Calycophyllum* (RECORD; HESS, 1949; METCALFE; CHALK, 1972).

A largura do tecido radial variou sensivelmente, servindo como importante subsídio para a distinção das espécies (Figura 14, 16). Em *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* ocorrem, predomimantemente, raios largos, com quatro, por vezes 5 ou mais células. *Calycophyllum candidissimum* apresenta maior proporção de raios trisseriados, com semelhança entre a porcentagem de unisseriados, bisseriados e tetrasseriados. Em *C. multiflorum*, por sua vez, os raios são quase exclusivamente bisseriados e unisseriados, diferindo notavelmente pelo tecido radial mais estreito que as demais espécies. Em *C. spruceanum*, a semelhança do observado em *C. spruceanum* f. *brasiliensis*, verifica-se uma tendência à formação de raios largos, porém com dominância de raios trisseriados.

É notada uma tendência similar, porém não equivalente, na largura de raios entre *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* e *C. spruceanum*. Tal condição anatômica complementa, pelo menos em parte, os trabalhos taxonômicos que classificam a primeira espécie como sendo uma variedade da segunda.

A largura dos raios em número de células parece ser caráter bastante variável em Rubiaceae. Metcalfe e Chalk (1972) atribuem raios estreitos, com duas ou três células de largura, à cerca de 70% dos gêneros, ao passo que raios largos, com mais de quatro células, são referidos para 42 gêneros da família. A variação na largura de raios é igualmente reportada para a subfamília Ixoroideae. De acordo com Record e Hess (1949), raios unisseriados, com escassos bisseriados, são citados para *Alibertia* e *Bertiera*; raios mais largos, com 6 ou mais células, são mencionados por *Chimarrhis*, *Warscewiczia*, *Capirona* e *Hamelia*.

A altura dos raios, da mesma forma, mostra-se importante na separação de espécies. *Calycophyllum multiflorum* apresenta raios unisseriados e multisseriados de dimensão linear bem menores que as demais, com valores de 267 e 384 μm , respectivamente. Os raios multisseriados com os maiores valores médios são reportados, em ordem decrescente, para em *C. spruceanum* (554 μm), *C. spruceanum* f. *brasiliensis* (467 μm) e *C. candidissimum* (457 μm). No caso dos unisseriados, todavia, as maiores dimensões foram encontradas, respectivamente, em *C. spruceanum* f. *brasiliensis* (303 μm), *C. candidissimum* (288 μm) e *C. spruceanum* (279 μm). Para todas as espécies, cabe ressaltar, os raios multisseriados são mais longos do que os unisseriados (Figura 15).

Em consonância com os dados acima, León (2011) menciona valores semelhantes para as Rubiáceas da Venezuela. Conforme a literatura, a altura dos raios não ultrapassa 1000 μm , em cerca de 87% dos gêneros da família.

No presente estudo, assim como nas descrições de León (2011), os raios fusionados foram desconsiderados na determinação da altura dos raios unisseriados e multisseriados. Salienta-se que a medição desse carácter acarretaria em valores discrepantes, relativamente maiores que os normais.

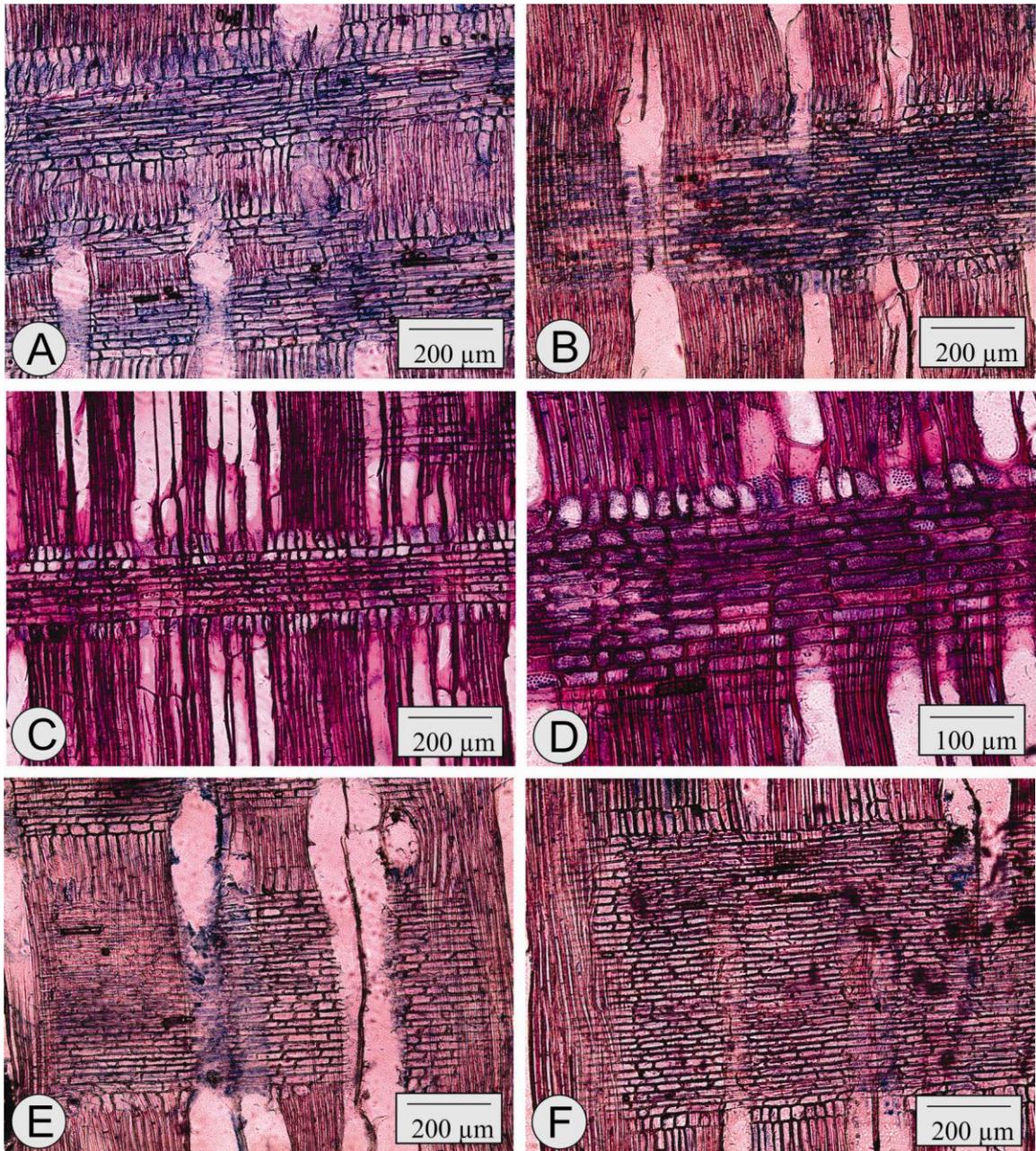


Figura 13 – Raios heterogêneos em espécies de *Calycophyllum* (seção longitudinal radial), com células procumbentes, ao centro, e curta margem de células quadradas e eretas. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, com 1 a 3 fileiras de células marginais. B – *Calycophyllum candidissimum*, com 5-19 fileiras de células no corpo central, e 1-5 fileiras marginais. C, D – *Calycophyllum multiflorum*, com raios notavelmente mais baixos do que nas demais espécies. E, F – *Calycophyllum spruceanum*, com até 52 fileiras de células procumbentes no corpo central

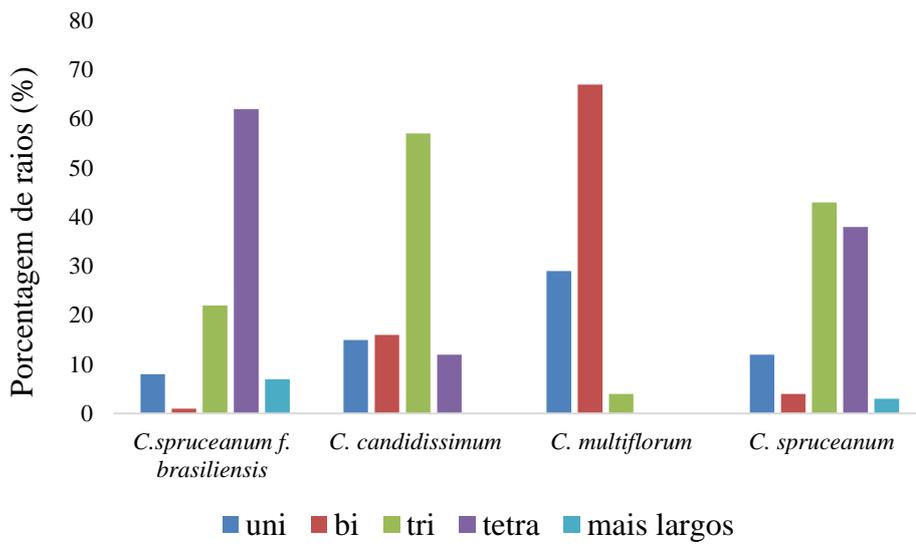


Figura 14 – Porcentagem das diferentes classes de raios quanto à largura em número de células

Onde: uni – raios unisseriados; bi – raios bisseriados; tri – raios trisseriados; tetra – raios tetraseriados; mais largos – raios com 5 ou mais células de largura.

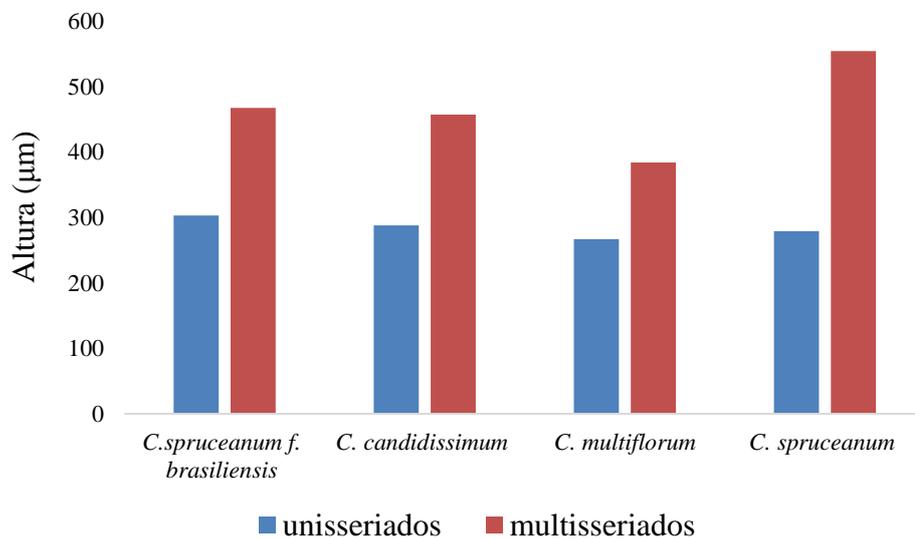


Figura 15 – Altura média de raios

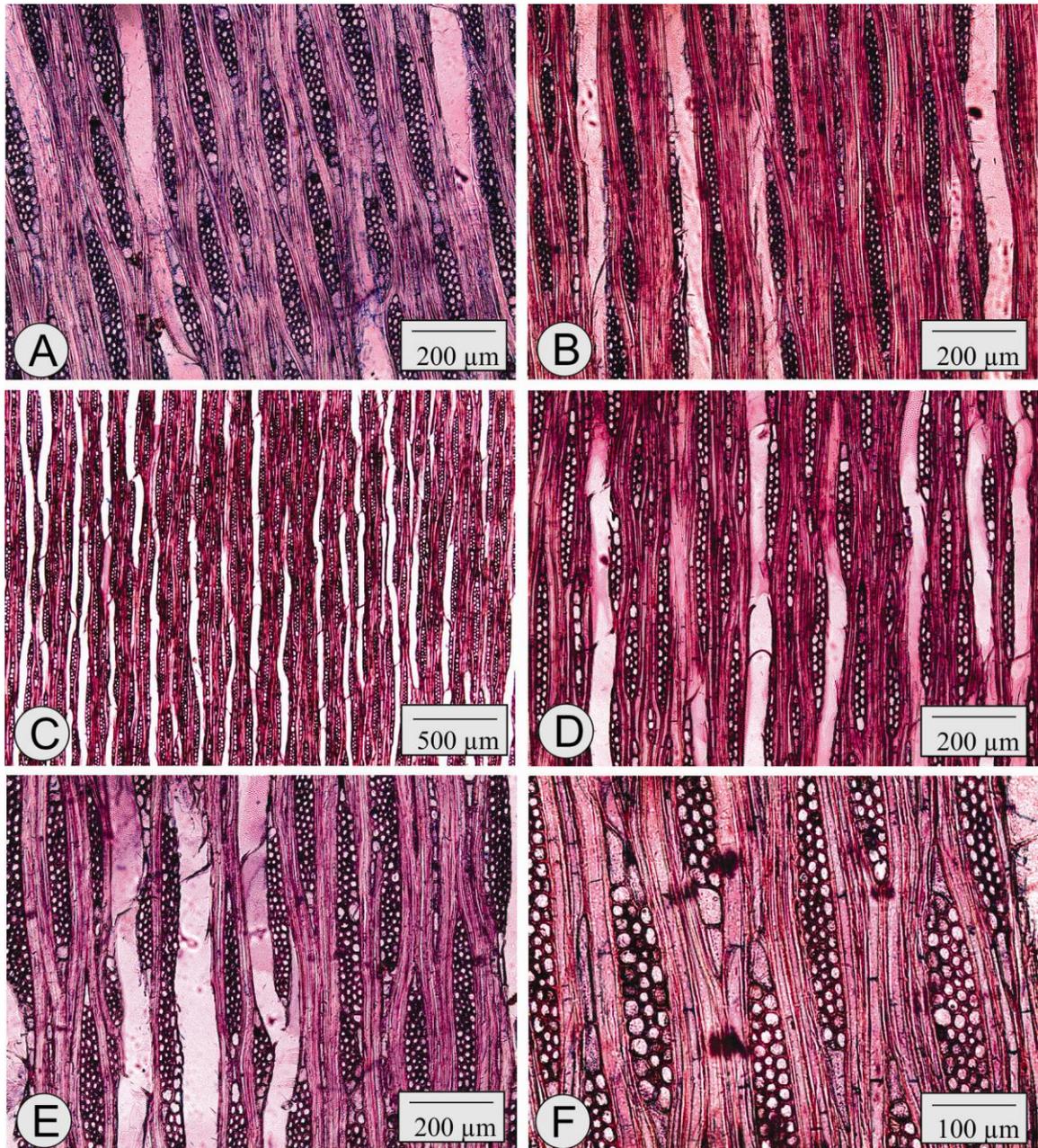


Figura 16 – Largura de raios, em número de células (seção longitudinal tangencial). A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, lenho com raios em sua maioria tetrasseriados. B – *Calycophyllum candidissimum*, com raios predominantemente trisseriados. C, D – *Calycophyllum multiflorum*, com predomínio de raios bisseriados. E, F – *Calycophyllum spruceanum*, com predominância de raios tri e tetrasseriado

Nas espécies investigadas, os raios unisseriados reúnem células quadradas e eretas, salvo em *Calycophyllum candidissimum*, onde, excepcionalmente, também se encontram células procumbentes no corpo central. Nos raios multisseriados, a composição celular compreende células procumbentes visivelmente mais longas do que nas margens, com 2 a 52 fileiras no corpo central, e margens curtas, com 1 a 5 fileiras de células quadradas e eretas (Figura 13, 17). Os resultados estão em consonância com o mencionado por Léon (2011) e Richter e Dallwitz (2009) para *Calycophyllum candidissimum*, *C. venezuelense* e *C. multiflorum*: raios heterogêneos com células quadradas e eretas restritas a fileiras marginais, geralmente com 1, por vezes 2 – 4 e até mais de 4 fileiras de células quadradas e eretas.

Para os raios, os valores relativos à altura das margens e do corpo central permitem segregar *Calycophyllum spruceanum* e *C. multiflorum* das outras espécies investigadas, uma vez que distinguem-se por terem corpo central e margens mais altas e mais baixas, respectivamente. Nas demais espécies (*Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* e *C. candidissimum*) estes valores são semelhantes.

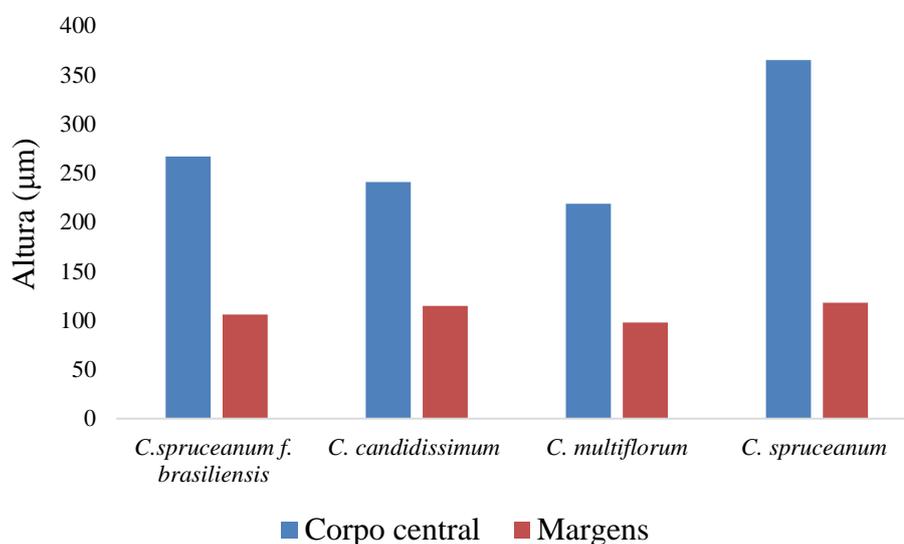


Figura 17 – Altura do corpo central e das margens de raios multisseriados

São comuns dois ou três segmentos multisseriados num mesmo raio, em seção tangencial, unidos por segmentos unisseriados, o que pode aumentar a altura de um único raio a mais de 1 mm. Esse caráter, denominado raio fusionado, foi observado em todas as espécies

investigadas e, na maioria das vezes, ocorrendo com elevada frequência. Esse detalhe anatômico foi também mencionado para *Calycophyllum multiflorum*, por Tortorelli (1956).

Raios fusionados são também frequentes em outras espécies de Rubiaceae, tais como *Simira glaziovii*, *S. pikia*, *S. rubra* (CALLADO; SILVA NETO, 2003), *Randia armata* (MARCHIORI, 1987) e *Cephalanthus glabratus* (SIEGLOCH et al., 2011a); cabe ressaltar, todavia, que esse caráter não é referido como tendo ocorrência na família, por Record e Hess (1949), Metcalfe e Chalk (1972) e Lens et al. (2000).

A abundância média de raios varia de 11 a 14 raios/mm (Figura 18). *Calycophyllum candidissimum* distingue-se pelo maior valor (14 raios/mm), e segue a tendência anteriormente observada para o volume ocupado pelo mesmo tecido na madeira; *Calycophyllum spruceanum*, ao contrário, é o que apresenta a menor frequência entre as espécies investigadas (11 raios/mm). No caso de *C. brasiliensis* f. *spruceanum* e *C. multiflorum*, o valor oscila em torno de 12 raios/mm.

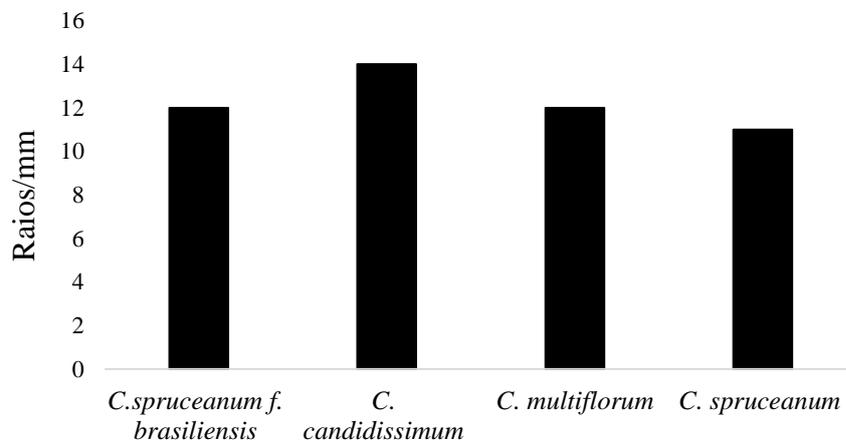


Figura 18 – Abundância média de raios no material examinado

Segundo as categorias propostas por IAWA Committee (1989), três das espécies descritas apresentam raios muito numerosos, acima de 12 raios/mm (*C. spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. multiflorum* e *C. candidissimum*), e apenas *C. spruceanum* pode ser classificada como tendo raios numerosos (< 12 raios/mm). Dentro da subfamília Ixoroideae, foi relatado, valores de frequência semelhantes, por Lens et al. (2000) e Jansen et al. (1999).

Cabe ressaltar que, na aferição do caráter, foram considerados todos os raios, tanto os uni como os multisseriados, e não apenas estes últimos. Resta informar que a norma seguida na presente descrição anatômica não esclarece se os mesmos devem ser medidos separadamente ou se apenas os multisseriados devem ser contados, o que pode gerar resultados discrepantes.

Células perfuradas de raio, embora escassas, foram encontradas em todas as espécies analisadas, na margem de raios uni e multisseriados (Figura 19). Essas células, mais facilmente visualizadas no plano longitudinal radial da madeira, embora visualizadas também em plano longitudinal tangencial, interligam dois vasos e/ou conectam-se a outras células de mesma natureza, mediante placas de perfuração simples. Vale ressaltar que a larga ocorrência desta peculiaridade anatômica, tem sido utilizada na diferenciação de gêneros e espécies de Rubiaceae.

A ocorrência de células perfuradas em Rubiaceae foi relatada por Chalk e Chattaway (1933), Jansen et al. (1997), Sonsin et al. (2008) e León (2011), autores que vincularam a funcionalidade do caráter à condução de líquidos, conectando dois elementos vasculares adjacentes, de modo a favorecer o fluxo de seiva no xilema, uma vez que a água passaria livremente de um vaso a outro pelas placas de perfuração das células de raio. Existem dúvidas, no entanto, sobre as implicações fisiológicas no tecido vegetal, sendo que a literatura apenas levanta hipóteses a respeito da maior ou menor capacidade de condução das mesmas (COSMO et al., 2010).

Além de Rubiaceae, as células perfuradas de raio têm sido descritas para diversos táxons. Botosso e Gomes (1982) observaram esse detalhe anatômico em Annonaceae; Sonsin et al. (2008) o mencionam para Araliaceae, Caryocaraceae, Fabaceae e Malpighiaceae; Santos (2008) refere, pontualmente, em gêneros como *Colletia* e *Gouania*, de Rhamnaceae; Joffily et al. (2007) relatam a ocorrência em nove espécies de *Maytenus* (Celastraceae); Terrazas (2000) observou células perfuradas de raio em Cactáceas, da tribo Pachycereeae; Marcon-Ferreira et al. (2009) citam o mesmo em diversas espécies de Melastomataceae; Mennega (2005), por sua vez, reporta a característica como muito frequente em Euphorbiaceae.

Dentro da família Rubiaceae, o caráter foi também reportado para os gêneros: *Adina*, *Alibertia*, *Alseis*, *Amaioua*, *Canthium*, *Cephalanthus*, *Cinchona*, *Chimarrhis*, *Duroia*, *Gardenia Guettarda*, *Remija*, *Rytigynia*, *Simira*, *Vangueria*, *Warszewiczia* (MCLEAN; RICHARDSON, 1973; RUDALL, 1982; NEGAI et al., 1994; CALLADO; SILVA NETO, 2003; SOSIN et al., 2008; LÉON, 2011). Cabe ressaltar, todavia, que essas células, tidas

como frequentes em Rubiaceae, não foram mencionadas por Record e Hess (1943) para o gênero *Calycophyllum*.

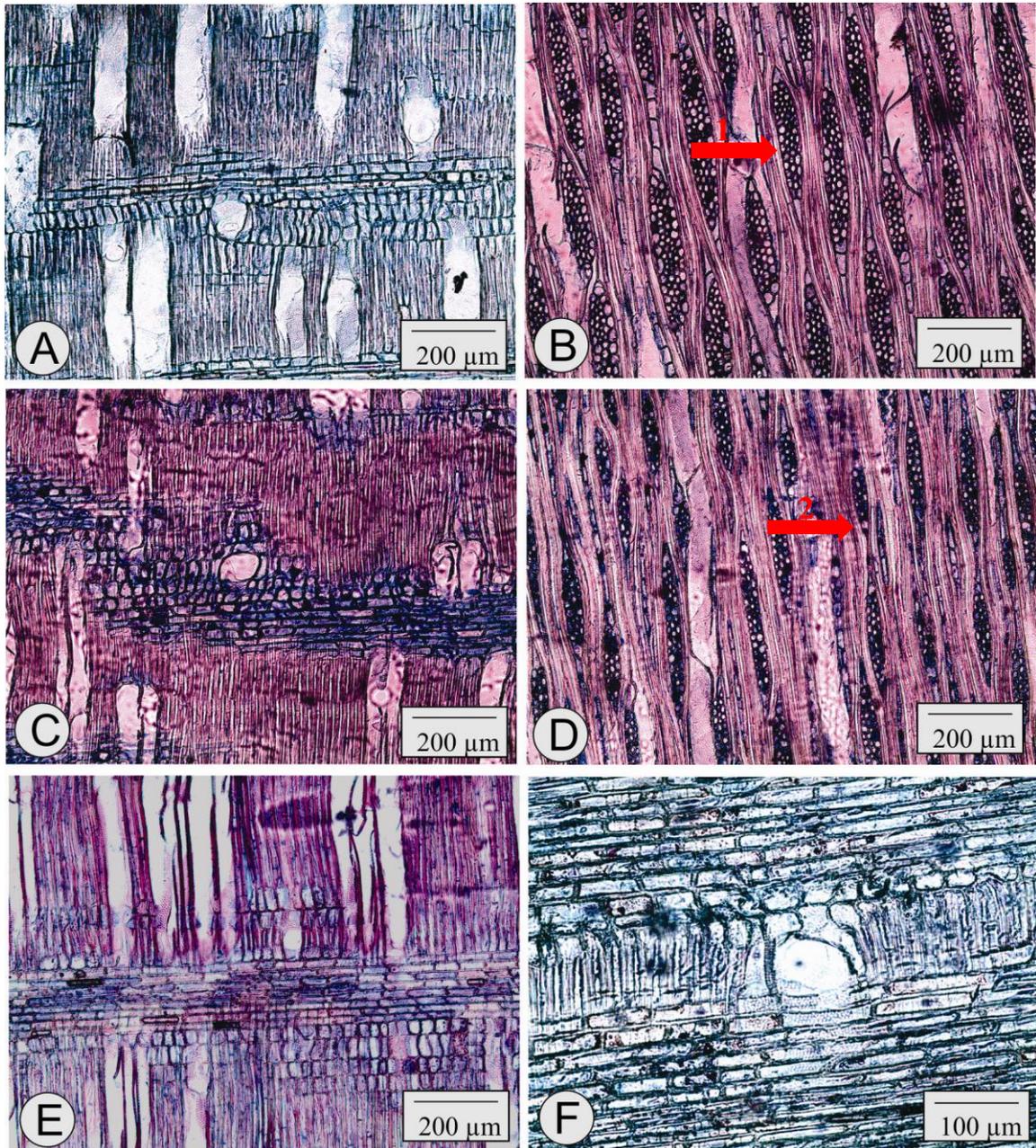


Figura 19 – Células perfuradas de raio. A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, em plano longitudinal radial, com células perfuradas na margem de raio. B – Mesma espécie, com células perfuradas de raio vistas em plano longitudinal tangencial (seta 1). C – *Calycophyllum candidissimum*, com células perfuradas na margem de raio (plano longitudinal radial). D – Mesma espécie, evidenciando células perfuradas, em plano longitudinal tangencial (seta 2). E – Células perfuradas de raio em *Calycophyllum multiflorum*. F – Células perfuradas de *Calycophyllum spruceanum* vistas em plano longitudinal radial

Na literatura anatômica sobre *Calycophyllum*, a ocorrência de células perfuradas não foi reportada para *C. candidissimum*, por autores como Kribs (1968), Koek-Noorman (1972), Nardi e Edlmann (1992), e *C. multiflorum* (TORTORELLI, 1956; RICHTER; DALLWITZ, 2009). Léon (2011), no entanto, indica células dessa natureza em *C. candidissimum* e *C. venezuelense*, corroborando o descrito no presente estudo.

Face ao exposto, há de se concordar com Chalk e Chattaway (1933), de que células perfuradas de raio têm grande valor taxonômico, e que a sua ausência em descrições anteriores do gênero pode ser debitada ao exame superficial do lenho.

Depósitos e cristais em forma de areia são frequentes nas células radiais das quatro espécies investigadas, tanto em células procumbentes, como quadradas e eretas (Figura 20). Informações mais detalhadas sobre esses não se pode fornecer, pela necessidade de testes histoquímicos para identificar sua natureza e composição.

Como mencionado anteriormente por Record e Hess (1943), a presença de cristais no tecido radial de *Calycophyllum* é caráter digno de nota. Sobre esse ponto, Carlquist (1988) inclui *Calycophyllum* entre os gêneros de Rubiaceae que apresentam areia cristalina em células radiais, sem todavia, especificar uma espécie em particular. Cabe salientar que a observação de microcristais no parênquima radial de *Calycophyllum multiflorum* e *C. candidissimum* foi anteriormente referido por Richter e Dallwitz (2009) e Léon (2011).

Sobre a presença de cristais em Rubiaceae, Léon (2011) registrou a abundância de areia cristalina em *Alseis labatioides*, *Simira rubens* e *Warszewiczia coccinea*, e de ráfides, em *Cosmibuena grandiflora*, *Morinda peduncularis*, *Pagamea plicata*, *Psychotria bernardii*, *P. berteriana*, *P. irwinii*, *Rudgea crassiloba* e *R. hostmanniana*.

As inclusões minerais são importantes marcadores taxonômicos para a anatomia sistemática de Rubiáceas, segundo Jansen et al. (2002). Trabalhos correlatos acerca dessa importância foram publicados por Callado e Silva Neto (2003), com base em três espécies do gênero *Simira* Aubl., da Floresta Atlântica do Rio de Janeiro, e que foram separadas pelo tipo de inclusões inorgânicas nos raios. Pelo mesmo princípio, Lens et al. (2000) sugerem a separação da tribo Vanguerieae das demais tribos de subfamília Ixoroideae (Coffeae, Aulacocalyceae, Octotropideae, e Gardenieae), pela ausência de cristais nas células de parênquima radial.

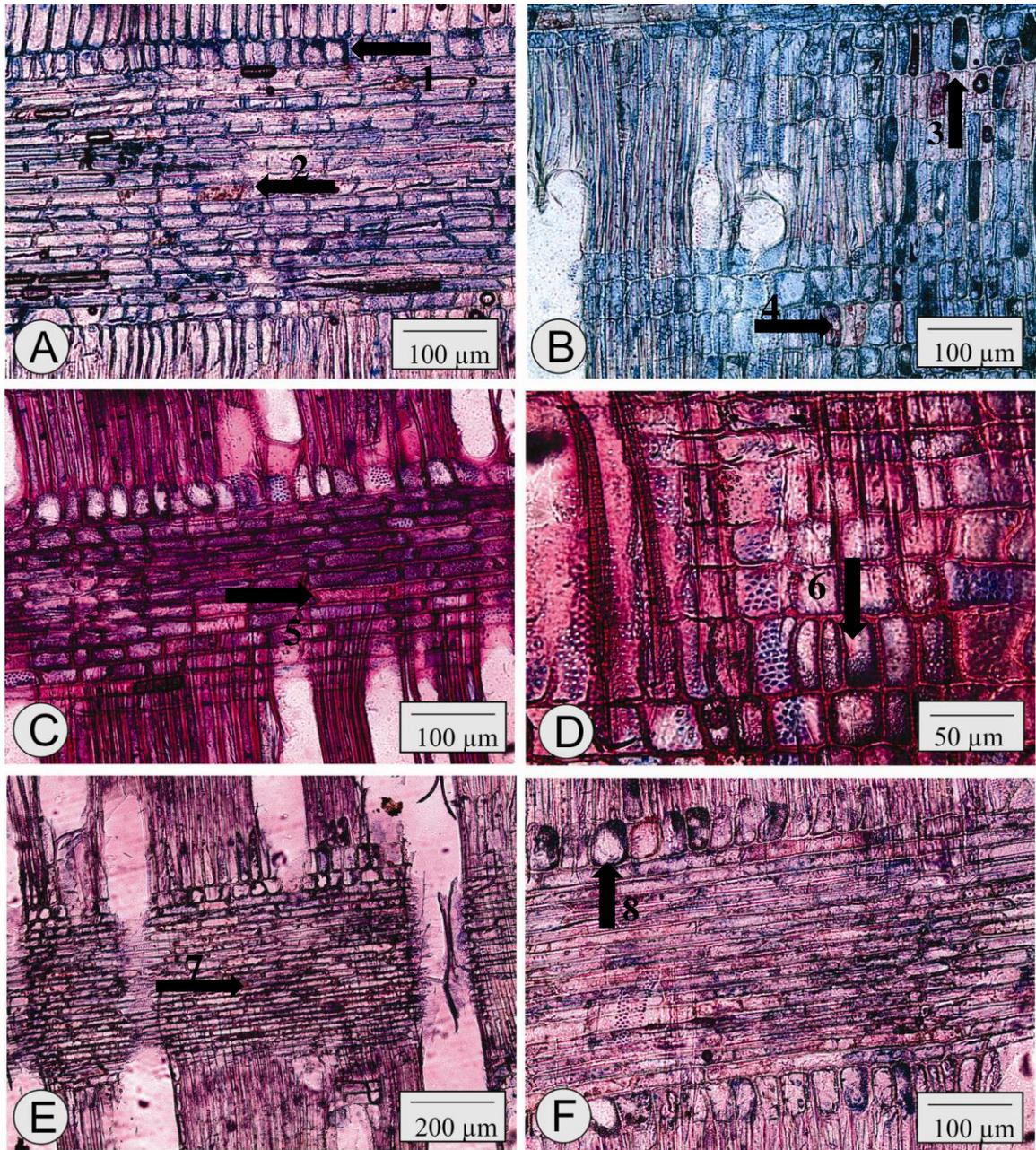


Figura 20 – Depósitos e areia cristalina nas células de raio (plano longitudinal radial). A – *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, cristais em forma de areia (seta 1), e depósitos (seta 2). B – *Calycophyllum candidissimum*, evidenciando areia cristalina (seta 3), e depósitos (seta 4). C – *Calycophyllum multiflorum*, com depósitos em células radiais (seta 5). D – Mesma espécie, em maior aumento, mostrando cristais em forma de areia (seta 6). E, F – *Calycophyllum spruceanum*, com depósitos (seta 7) e, em maior aumento, areia cristalina (seta 8)

5.2.6 Fibras

As quatro espécies em estudo apresentam fibras libriformes, septadas e com pontoações simples na parede, características de ocorrência generalizada em um seletivo grupo Rubiaceae (Figura 21). Segundo Metcalfe e Chalk (1972), a família pode ser segregada em dois grupos com base no tipo de fibras: no primeiro, que abrange 75% dos gêneros, as fibras não-septadas apresentam pontoações distintamente areoladas ($\geq 3 \mu\text{m}$); no segundo, as fibras são septadas e com pontoação de diâmetro reduzido ($< 3 \mu\text{m}$). Vale lembrar que essa classificação não deve ser tomada como regra, e todas as espécies precisam passar por uma análise anatômica cautelosa, visto que há exceções nessa tendência geral, casos de *Chimarrhis cymosa* e *C. turbinata* DC., que apresentam pontoações areoladas em fibras septadas na madeira (LÉON, 2011; DÉTIENNE; JACQUET, 1983).

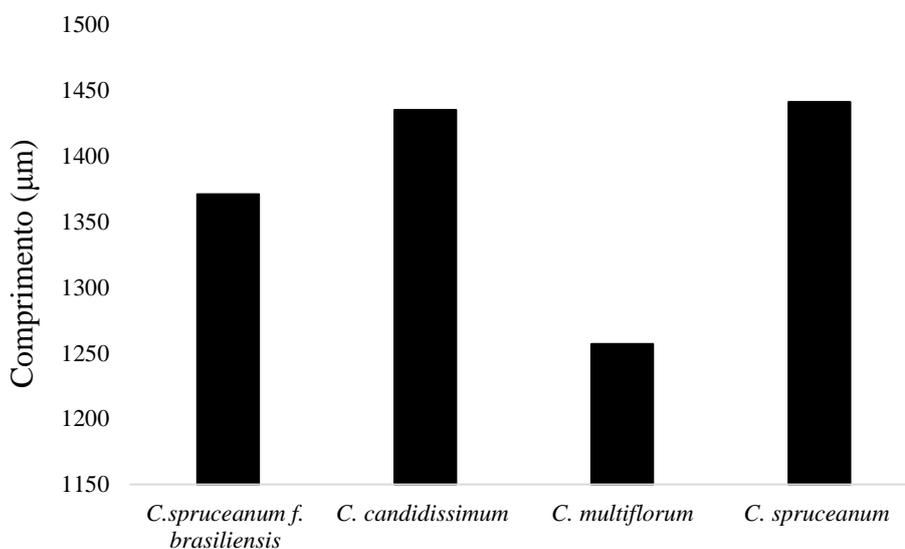


Figura 21 – Comprimento de fibras

A respeito das fibras septadas, Léon (2011) indica, com base em espécies das três subfamílias de Rubiaceae (Cinchonoideae, Ixoroideae e Rubioideae), a porcentagem média ocorrente da característica: em Cinchonoideae, apenas 22% das espécies apresentam septos em fibras, casos de *Guettarda crispiflora* e *G. elliptica*; em Ixoroideae, o caráter é observado

em 38% das espécies, citando-se *Alseis labatioides*, *Calycophyllum candidissimum*, *C. venezuelense*, *Simira rubescens* e *Warszewiczia coccinea*; já em Rubioideae, 78% das espécies apresentam fibras septadas, entre as quais incluem-se *Psychotria bernardii*, *P. berteriana*, *P. irwinii*, *P. poeppigiana*, *Rudgea crassiloba* e *R. hostmanniana*.

No material examinado, alguns caracteres anatômicos divergem em nível de subfamília, visto que Koek-Noorman (1972) e Jansen et al. (1997, 1999) referem predomínio de fibrotraqueóides em Ixoroideae. Janssonius (1926) e Koek-Noorman (1972), por sua vez, atribuem a ocorrência de fibras com pontoações distintamente areoladas na grande maioria dos gêneros de Ixoroideae; com exceção de *Alibertia* e *Posoqueria* (Gardenieae). O gênero *Calycophyllum*, todavia, não foi mencionado.

Koek-Noorman (1969) considera que o tipo de fibra é carácter distintivo muito importante para organização das tribos em Rubiaceae, devido a sua grande variação na família. As definições desses elementos, todavia, oferecem considerável dificuldade, não pelos tipos extremos, mas pela necessidade de situar e definir situações intermediárias.

Em geral, nas amostras descritas, há grande similaridade quanto à organização do tecido fibroso, o que torna muito difícil, se não impossível, a separação das espécies com base unicamente nessa característica anatômica.

O volume ocupado pelo tecido fibroso é bastante elevado em *Calycophyllum*, visto que, apresenta os maiores valores entre os constituintes celulares ocorrentes na madeira, mas o carácter não exhibe variação apreciável nas quatro espécies investigadas. Mesmo assim, *Calycophyllum multiflorum* pode ser separada das demais pela porcentagem relativamente baixa do carácter (40%), ao passo que em *C. spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum* e *C. spruceanum* o valor oscila entre 46 e 48%.

O comprimento de fibras apresenta pouca variação, e segundo a classificação sugerida pelo IAWA Committee (1989), elas podem ser definidas como médias, com valores entre 900 – 1600 μm (Figura 21, 22). León (2011) e Richter e Dallwitz (2009) descreveram valores muito próximos ao referido neste estudo para *Calycophyllum candidissimum* (aproximadamente 1420 μm), e um valor médio de 1000 μm para *C. multiflorum*. Para 34 espécies, de 15 gêneros da tribo Vanguerieae (Ixoroideae), Lens et al. (2000) mencionaram comprimento médio de fibra de 1398 μm .

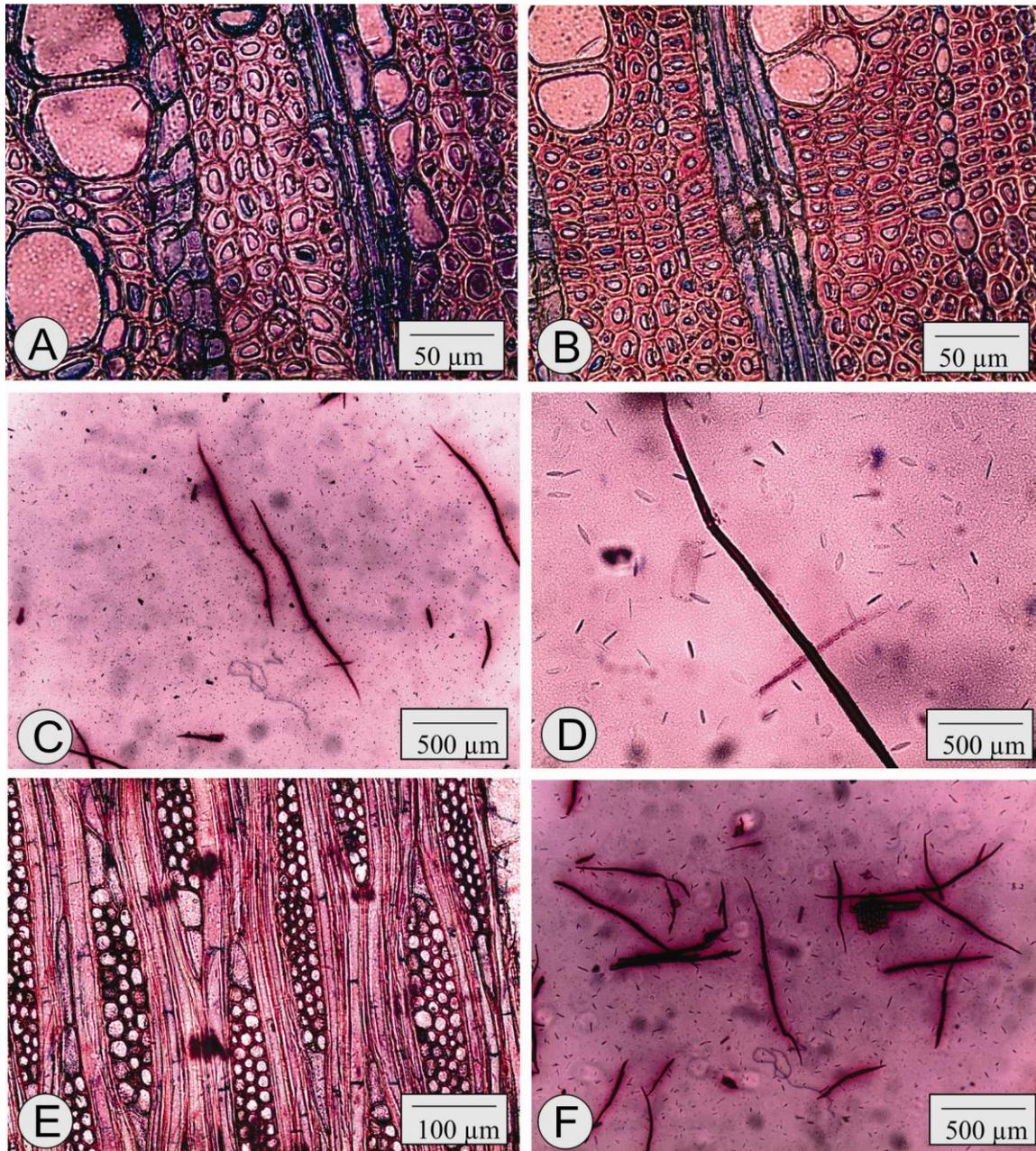


Figura 22 – Fibras libriformes septadas. A – Fibras de paredes delgadas a espessas, em *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* (seção transversal). B – Faixa com 1-5 fileiras de fibras com paredes mais espessas e radialmente achatadas no limite do anel de crescimento, em *Calycophyllum multiflorum* (seção transversal). C – Fibras médias de *Calycophyllum multiflorum* (macerado). D – Fibra de parede delgada a espessa (*Calycophyllum multiflorum*, macerado). E – Fibras septadas em corte longitudinal tangencial de *Calycophyllum spruceanum*. F – Fibras médias de *Calycophyllum spruceanum* (macerado)

Com relação à espessura da parede, as fibras são classificadas como delgadas a espessas, em consonância com referências de Record e Hess (1949) para a família. A única que apresentou valor distinto, para as espécies em estudo, foi *Calycophyllum spruceanum* (7 μm), contudo, o valor é muito próximo ao encontrado nas demais, não sendo recomendado diferenciar as espécies com base exclusiva nesse caráter (Figura 23).

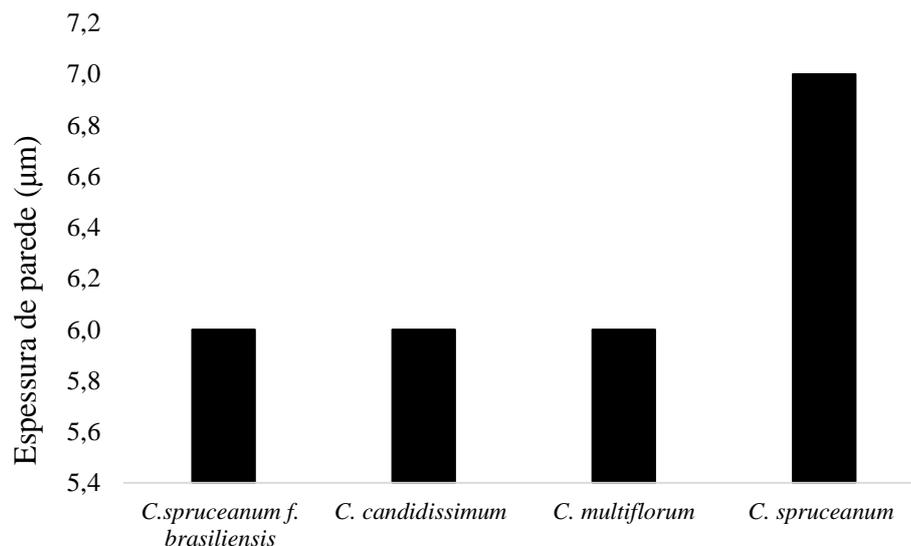


Figura 23 – Espessura de parede de fibras nas espécies em estudo

Todas as Rubiaceae examinadas na presente obra contêm fibras com pontoações simples, abertura em fenda vertical e restritas unicamente à face radial da parede. Para *Calycophyllum multiflorum*, Richter e Dallwitz (2009) também descrevem pontoações simples, ou com areolas diminutas, restritas à face radial das fibras.

5.3 Análise de agrupamento

As características anatômicas utilizadas para a análise de agrupamento (Tabela 5), fundamentadas nas categorias anatômicas sugeridas pela IAWA Committee (1989), são as

mesmas reconhecidas por Record e Hess (1943), Metcalfe e Chalk (1972), Koek-Noorman (1977) e Jansen et al. (2002), como típicas de Rubiaceae.

A análise de agrupamento das espécies de *Calycophyllum* presentemente investigadas, juntamente com outros representantes de Rubiaceae, é resumida no dendrograma da figura 24, onde lê-se, na coluna da esquerda, a distância com que as espécies se afastam ou se aproximam, em dissimilaridade, informando ao leitor que quanto maior o valor desse índice, menor a proximidade entre as mesmas.

O coeficiente de correlação cofenética, utilizado para avaliar a confiabilidade do padrão de agrupamento, foi na ordem de 0,73, indicando a significância do dendrograma. Nesse sentido, a análise comparativa das espécies estudadas evidenciou a importância dos caracteres anatômicos da madeira para segregação das mesmas.

Resulta da análise de agrupamento, o ordenamento das 41 espécies separadamente em quatro grupos principais: o primeiro (A), formado por 8 espécies da subfamília Ixoroideae e Cinchonoideae; o segundo (B), por 3 espécies de Cinchonoideae; o terceiro (C), por um representante isolado de Rubioideae; o quarto (D), e maior grupo, constituído por 29 espécies, pertencentes as três subfamílias de Rubiaceae (Cinchonoideae, Ixoroideae e Rubioideae).

No grupo A, verificou-se a formação de dois subgrupos, designados como A1 e A2. O primeiro deles compreende *Simira pikia*, *S. glaziovii* e *S. rubra*, pertencentes à tribo Simireae, referida por Callado e Silva Neto (2003) como homogênea no tocante a estrutura anatômica do lenho, e mesmo constituindo um eixo altamente semelhante, com aproximadamente 0,35 de dissimilaridade, o autor menciona importantes diferenças anatômicas entre os táxons, tais como: a presença de células envolventes e o tipo de inclusões inorgânicas nos raios; a frequência, o diâmetro e o comprimento dos elementos de vaso; a frequência, a largura e o comprimento dos raios e o comprimento das fibras.

No subgrupo A2, ocorrem duas ramificações, a primeira, é representada unicamente por *Bathysa cuspidata* (Cinchonoideae) e conserva uma dissimilaridade de 0,5 do segundo ramo, composto essencialmente pelas quatro espécies de *Calycophyllum* (Ixoroideae), presentemente investigadas.

Tabela 5 – Espécies e caracteres utilizados na análise de agrupamento

(continua)

CARACTERES ANATÔMICOS	<i>C. s. f. brasiliensis</i>	<i>C. candidissimum</i>	<i>C. multiflorum</i>	<i>C. spruceanum</i>	<i>W. coccinea</i>	<i>P. latifolia</i>	<i>P. panamensis</i>	<i>D. fusifera</i>	<i>B. guianensis</i>	<i>A. corymbosa</i>	<i>A. guianensis</i>
Anéis de crescimento distintos	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Porosidade difusa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poros em arranjo radial	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Poros muito pouco numerosos (≤ 5 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros pouco numerosos (5-20 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros numerosos (20-40 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Poros muito numerosos (40-100 poros/mm ²)	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
Poros extremamente numerosos (≥ 100 poros/mm ²)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros em sua maioria solitários	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Conteúdo nos elementos vasculares	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Placas de perfuração simples	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares diminutas (≤ 4 μ m)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
Pontoações intervasculares pequenas (4-7 μ m)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Pontoações intervasculares ornamentadas	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Elementos vasculares curtos 350 μ m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares médios 350-800 μ m	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Elementos vasculares longos ≥ 800 μ m	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diâmetro dos EV muito pequeno ≤ 50 μ m	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Diâmetro dos EV pequeno 50-100 μ m	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
Diâmetro dos EV médio 100-200 μ m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diâmetro EV grande ≥ 200 μ m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de parênquima axial	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
Raios heterogêneos	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Raios pouco frequentes (4-12 raios/mm)	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Raios frequentes (≥ 12 raios/mm)	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Presença de células envolventes de raio	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Presença de células perfuradas de raio	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Raios com até 500 μ m de altura	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Raios com 500-1000 μ m de altura	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Raios com ≥ 1000 μ m de altura	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Raios com até 50 μ m de largura	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 50 μ m de largura	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Areia cristalina nos raios	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Cristais nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conteúdo abundante nos raios	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Fibrotraqueóides	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Fibras septadas	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Fibras curtas (≤ 900 μ m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibras médias (900-1600 μ m)	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
Fibras longas (≥ 1600 μ m)	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0

Tabela 5 – Espécies e caracteres utilizados na análise de agrupamento

(continuação)

CARACTERES ANATÔMICOS											
	<i>S. rubescens</i>	<i>S. glaziovii</i>	<i>S. pikia</i>	<i>S. rubra</i>	<i>R. ferox</i>	<i>C. cymosa</i>	<i>G. americana</i>	<i>A. abatioides</i>	<i>M. peduncularis</i>	<i>P. bernardii</i>	<i>P. irwinii</i>
Anéis de crescimento distintos	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Porosidade difusa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Poros em arranjo radial	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Poros muito pouco numerosos (≤ 5 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Poros pouco numerosos (5-20 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poros numerosos (20-40 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Poros muito numerosos (40-100 poros/mm ²)	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Poros extremamente numerosos (≥ 100 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros em sua maioria solitários	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
Conteúdo nos elementos vasculares	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Placas de perfuração simples	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares diminutas (≤ 4 μm)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares pequenas (4-7 μm)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pontoações intervasculares ornamentadas	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares curtos 350 μm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares médios 350-800 μm	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Elementos vasculares longos ≥ 800 μm	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Diâmetro dos EV muito pequeno ≤ 50 μm	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
Diâmetro dos EV pequeno 50-100 μm	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
Diâmetro dos EV médio 100-200 μm	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diâmetro EV grande ≥ 200 μm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de parênquima axial	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Raios heterogêneos	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Raios pouco frequentes (4-12 raios/mm)	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Raios frequentes (≥ 12 raios/mm)	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Presença de células envoltantes de raio	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de células perfuradas de raio	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
Raios com até 500 μm de altura	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Raios com 500-1000 μm de altura	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
Raios com ≥ 1000 μm de altura	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Raios com até 50 μm de largura	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 50 μm de largura	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Areia cristalina nos raios	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cristais nos raios	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Conteúdo abundante nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibrotraqueóides	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
Fibras septadas	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Fibras curtas (≤ 900 μm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibras médias (900-1600 μm)	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
Fibras longas (≥ 1600 μm)	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1

Tabela 5 – Espécies e caracteres utilizados na análise de agrupamento

(conclusão)

CARACTERES ANATÔMICOS	<i>C. pubescens</i>	<i>C. grandiflora</i>	<i>G. crispiflora</i>	<i>G. elliptica</i>	<i>L. hypoleuca</i>	<i>L. lambertiana</i>	<i>R. densiflora</i>	<i>R. pacimonica</i>
Anéis de crescimento distintos	0	0	1	1	0	0	0	0
Porosidade difusa	1	1	1	1	1	1	1	1
Poros em arranjo radial	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros muito pouco numerosos (≤ 5 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros pouco numerosos (5-20 poros/mm ²)	0	1	1	0	0	1	0	0
Poros numerosos (20-40 poros/mm ²)	1	0	0	0	1	0	0	1
Poros muito numerosos (40-100 poros/mm ²)	0	0	0	1	0	0	1	0
Poros extremamente numerosos (≥ 100 poros/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0
Poros em sua maioria solitários	0	0	0	0	1	1	0	0
Conteúdo nos elementos vasculares	0	0	0	0	0	0	0	0
Placas de perfuração simples	1	1	1	1	1	1	1	1
Pontoações intervasculares diminutas (≤ 4 μm)	0	1	0	0	0	0	1	0
Pontoações intervasculares pequenas (4-7 μm)	1	0	1	1	1	1	0	1
Pontoações intervasculares ornamentadas	0	0	1	1	1	1	0	1
Elementos vasculares curtos 350 μm	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementos vasculares médios 350-800 μm	1	1	1	1	1	1	1	1
Elementos vasculares longos ≥ 800 μm	0	0	0	0	0	0	0	0
Diâmetro dos EV muito pequeno ≤ 50 μm	0	0	0	0	0	0	0	0
Diâmetro dos EV pequeno 50-100 μm	1	1	0	1	0	1	1	1
Diâmetro dos EV médio 100-200 μm	0	0	1	0	1	0	0	0
Diâmetro EV grande ≥ 200 μm	0	0	0	0	0	0	0	0
Presença de parênquima axial	1	1	0	0	1	1	1	1
Raios heterogêneos	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios pouco frequentes (4-12 raios/mm)	1	1	1	0	1	1	1	1
Raios frequentes (≥ 12 raios/mm)	0	0	0	1	0	0	0	0
Presença de células envolventes de raio	0	0	0	0	0	0	0	1
Presença de células perfuradas de raio	1	0	1	1	0	1	1	0
Raios com até 500 μm de altura	0	0	0	0	0	0	0	0
Raios com 500-1000 μm de altura	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 1000 μm de altura	0	0	0	0	0	0	0	0
Raios com até 50 μm de largura	1	1	1	1	1	1	1	1
Raios com ≥ 50 μm de largura	0	0	0	0	0	0	0	0
Areia cristalina nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0
Cristais nos raios	0	1	0	0	0	0	0	0
Conteúdo abundante nos raios	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibrotraqueóides	0	1	1	1	1	1	1	1
Fibras septadas	0	0	1	1	0	0	0	0
Fibras curtas (≤ 900 μm)	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibras médias (900-1600 μm)	1	1	1	1	1	1	1	1
Fibras longas (≥ 1600 μm)	0	0	0	0	0	0	0	0

Onde: Caráter anatômico presente (1). Caráter anatômico ausente (0). *C. s. f. brasiliensis* (*Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*), *C. candidissimum* (*Calycophyllum candidissimum*), *C. multiflorum* (*Calycophyllum multiflorum*), *C. spruceanum* (*Calycophyllum spruceanum*), *W. coccinea* (*Warszewiczia coccinea*), *P. latifolia*

(*Posoqueria latifolia*), *P. panamensis* (*Posoqueria panamensis*), *D. fusifera* (*Duroia fusifera*), *B. guianensis* (*Bertierra guianensis*), *A. corymbosa* (*Amaioua corymbosa*), *A. guianensis* (*Amaioua guianensis*), *S. rubescens* (*Simira rubescens*), *S. glaziovii* (*Simira glaziovii*), *S. pikia* (*Simira pikia*), *S. rubra* (*Simira rubra*), *R. ferox* (*Randia ferox*), *C. cymosa* (*Chimarrhis cymosa*), *G. americana* (*Genipa americana*), *A. abatioides* (*Alseis abatioides*), *M. peduncularis* (*Morinda peduncularis*), *P. bernardii* (*Psychotria bernardii*), *P. irwinii* (*Psychotria irwinii*), *P. berteroana* (*Psychotria berteroana*), *P. poeppigiana* (*Psychotria poeppigiana*), *P. capitata* (*Pagamea capitata*), *P. plicata* (*Pagamea plicata*), *R. crassiloba* (*Rudgea crassiloba*), *R. hostmanniana* (*Rudgea hostmanniana*), *C. glabratus* (*Cephalanthus glabratus*), *B. cuspidata* (*Bathysa cuspidata*), *U. guianensis* (*Uncaria guianensis*), *U. tomentosa* (*Uncaria tomentosa*), *C. venezuelensis* (*Chomelia venezuelensis*), *C. pubescens* (*Cinchona pubescens*), *C. grandiflora* (*Cosmibuena grandiflora*), *G. crispiflora* (*Guettarda crispiflora* Vahl subsp. *poasana*), *G. elliptica* (*Guettarda elliptica*), *I. hypoleuca* (*Isertia hypoleuca*), *L. lambertiana* (*Ladenbergia lambertiana*), *R. pacimonica* (*Remijia pacimonica*), *R. densiflora* (*Remijia densiflora*).

Estudos de Koek-Noorman e Hogeweg (1974), com os gêneros *Bikkia*, *Morierina* e *Portandia*, mencionam a heterogeneidade da tribo Condamineae no que se refere à composição anatômica da madeira; no entanto, como observado no subgrupo A2, há uma tendência de agrupamento entre as espécies de *Calycophyllum*, remetendo à homogeneidade desse gênero dentro da tribo à qual faz parte. Nesta ramificação, o menor valor de dissimilaridade (0,2) é evidenciado entre *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* e *C. spruceanum*; tais resultados confirmam a conveniência da proposição de K. Schum. e Müll. Arg. (CHIQUIERI, et al., 2004), que consideraram o primeiro como variedade do segundo táxon. As características anatômicas que reforçam esse entendimento são: poros com diâmetro tangencial médio (50-100 µm), muito numerosos, em múltiplos radiais; raios heterogêneos, pouco frequentes, predominantemente trisseriados e tetrasseriados.

O agrupamento das quatro espécies de *Calycophyllum*, como era de se esperar, foi comprovado no presente estudo. Muitas são as características anatômicas que levam a essa conclusão: anéis de crescimento distintos, visualizados por fibras de menor diâmetro radial e paredes mais espessas ao final do lenho tardio; porosidade difusa; poros muito numerosos a extremamente numerosos; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas e ornamentadas; raios heterogêneos, com até 1000 µm de altura, e 50 µm de largura, com células perfuradas, abundante areia cristalina e conteúdos; e fibras septadas médias, de paredes delgadas a espessas.

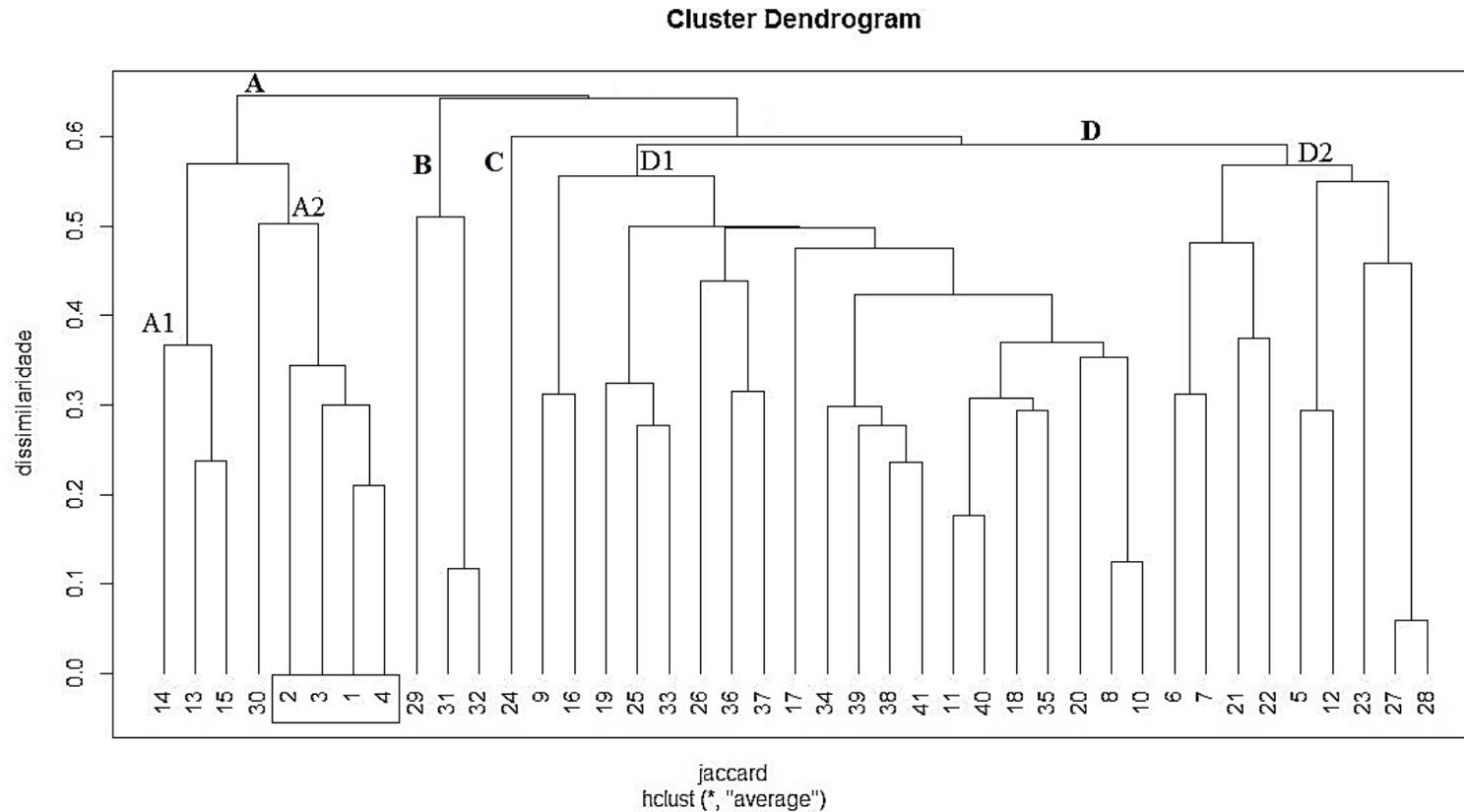


Figura 24 – Dendrograma de agrupamento, com base na distância de Jaccard e método UPGMA. O retângulo em torno dos números 2, 3, 1 e 4 destaca as espécies de *Calycophyllum* investigadas. 1 - *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*; 2 - *Calycophyllum candidissimum*; 3 - *Calycophyllum multiflorum*; 4 - *Calycophyllum spruceanum*; 5 - *Warszewiczia coccinea*; 6 - *Posoqueria latifolia*; 7 - *Posoqueria panamensis*; 8 - *Duroia fusifera*; 9 - *Bertiera guianensis*; 10 - *Amaioua corymbosa*; 11 - *Amaioua guianensis*; 12 - *Simira rubescens*; 13 - *Simira glaziovii*; 14 - *Simira pikia*; 15 - *Simira rubra*; 16 - *Randia ferox*; 17 - *Chimarrhis cymosa*; 18 - *Genipa americana*; 19 - *Alseis abatioides*; 20 - *Morinda peduncularis*; 21 - *Psychotria bernardii*; 22 - *Psychotria irwinii*; 23 - *Psychotria poeppigiana*; 24 - *Psychotria berteriana*; 25 - *Pagamea capitata*; 26 - *Pagamea plicata*; 27 - *Rudgea crassiloba*; 28 - *Rudgea hostmanniana*; 29 - *Cephalanthus glabratus*; 30 - *Bathysa cuspidata*; 31 - *Uncaria guianensis*; 32 - *Uncaria tomentosa*; 33 - *Chomelia venezuelensis*; 34 - *Cinchona pubescens*; 35 - *Cosmibuena randiflora*; 36 - *Guettarda crispiflora*; 37 - *Guettarda elliptica*; 38 - *Isertia hypoleuca*; 39 - *Ladenbergia lambertiana*; 40 - *Remijia densiflora*; 41 - *Remijia pacimonica*

Embora pertencente a subfamílias distintas, as espécies de *Calycophyllum* investigadas (*C. spruceanum* f. *brasileiense*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum*, *C. spruceanum* – Ixoroideae) e *Bathysa cuspidata* (Cinchonoideae) compartilham características anatômicas em comum: porosidade difusa; poros muito numerosos e em arranjo radial; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas e ornamentadas; parênquima axial ausente; raios heterogêneos pouco frequentes, com abundante conteúdo em suas células; e fibras septadas médias. A análise comparada dessas espécies demonstra a semelhança das mesmas na anatomia da madeira. Sobre este ponto, cabe lembrar que o gênero *Calycophyllum* foi inserido na subfamília Cinchonoideae por Schumann (1891) e, posteriormente, foi transferido para Ixoroideae, onde atualmente se encontra posicionado (BREMER; JANSEN, 1991).

O grupo B compreende *Uncaria guianensis* e *Uncaria tomentosa*, ligadas a uma similaridade de 0,5 com *Cephalanthus glabratus*. Embora pertencentes à mesma subfamília, poucos caracteres anatômicos são comuns as três espécies, caso de poros em sua maioria solitários, presença de parênquima axial, e raios altos, muito largos.

Pertencente à subfamília Rubioideae, *Psychotria berteriana*, constitui um grupo distinto – “C” –, com índice de dissimilaridade de 0,6, relativamente às espécies do grupo D. A separação de *P. berteriana* pode ser explicada por caracteres anatômicos peculiares de sua madeira, que fogem à tendência geral para a família, tais como: poros pouco numerosos; pontoações intervasculares diminutas; elementos vasculares de diâmetro reduzido; raios muito altos e pouco frequentes, com presença de ráfides em suas células.

O último e mais abrangente eixo, corresponde ao grupo D, apresenta dois subgrupos: D1 e D2. O primeiro, com 20 espécies divididas em 6 ramos, com coeficientes de dissimilaridade de 0,35 a 0,55, agrupa suas espécies segundo as respectivas subfamílias, evidenciando o compartilhamento de grande parte dos caracteres anatômicos. O maior valor de dissimilaridade no subgrupo D1, em torno de 0,5, é evidenciado em *Chimarrhis cymosa*. Essa espécie não forma grupo com *Bertiera guianensis* e *Randia ferox*, conjunto pertencente à subfamília Ixoroideae, por apresentar características distintas no lenho, especialmente quantitativas: poros pouco numerosos; pontoações intervasculares diminutas; elementos vasculares de diâmetro médio; raios pouco frequentes; e fibras septadas. As duas espécies de Ixoroideae (*Randia ferox* e *Bertiera guianensis*) ao contrário, apresentam poros muito numerosos, pontoações intervasculares pequenas, elementos vasculares de diâmetro muito diminutos, raios frequentes e fibras não septadas.

O subgrupo D2 está organizado em duas ramificações evidentes: no primeiro ramo, *Posoqueria latifolia* e *P. panamensis* (Ixoroideae), distanciam-se em cerca de 0,45 de

Psychotria bernardii e *P. irwinii* (Rubiaceae). No segundo ramo, com índice de dissimilaridade de 0,55, agrupam-se *Warszewiczia coccinea* e *Simira rubescens* (Ixoroideae), com *Rudgea crassiloba* e *R. hostmanniana* (Rubiaceae).

Cabe destacar na análise, a separação do gênero *Simira*, organizado em dois subgrupos distintos: o subgrupo A1, composto de *Simira glaziovii*, *S. pikia* e *S. rubra*; e o subgrupo D2, com *S. rubescens*. Essa separação decorre de diferenças anatômicas como: anéis de crescimento indistintos; poros em sua maioria solitários; elementos vasculares de tamanho médio, e com conteúdo em *S. rubescens*; poros em arranjo radial, e com pontoações ornamentadas em *Simira glaziovii*, *S. pikia* e *S. rubra*.

No subgrupo D2 verifica-se, ainda, a proximidade de Ixoroideae e Rubiaceae, o que justifica as constantes reorganizações na taxonomia das Rubiaceae, principalmente a nível de subfamília, onde inúmeras espécies inicialmente inseridas em Rubiaceae (VERDCOURT, 1958) passaram às Ixoroideae (ROBBRECHT, 1988).

De maneira geral, as espécies estudadas não formam grupos de acordo com as suas respectivas subfamílias, concordando com o proposto por Record e Hess (1949) e Koek-Noorman (1969), que referem homogeneidade às Rubiaceae, nos caracteres anatômicos do lenho, inclusive a nível de subfamílias e tribos.

5.4 Relação entre os caracteres anatômicos e as propriedades da madeira

A correlação entre estrutura anatômica e propriedades da madeira é assunto altamente debatido na literatura, em função, primordialmente, da composição e arranjo dos elementos celulares. Nesse sentido, para um melhor entendimento do comportamento desse material, é recomendado uma análise minuciosa de todos os fatores que influenciam na constituição e na organização do lenho, sejam fatores externos, tais como: solo, clima, disponibilidade de água e nutrientes; estruturais, como idade, nós, tortuosidade, teor de umidade; ou ainda, fatores internos, como a constituição dos tecidos celulares, a composição química, peso específico, etc.

Tradicionalmente, vários pesquisadores buscam demonstrar a relação entre os constituintes da madeira e o reflexo da composição anatômica nas propriedades desse material (EAMES; MCDANIELS, 1953; ESAU, 1959; BURGER; RICHTER, 1991; GOMIDE, 2005; MARQUES, 2008).

O estudo das características anatômicas e suas relações com as propriedades físico-mecânicas é imprescindível, principalmente, no que se refere à qualidade e aproveitamento da madeira das diferentes espécies, evitando-se emprego inadequado e o desperdício. Nesse sentido, com base na descrição anatômica de *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*, *C. candidissimum*, *C. multiflorum* e *C. spruceanum*, é possível inferir sobre o comportamento da madeira, e, ao mesmo tempo atribuir, ainda que empiricamente, um uso adequado ao material.

A principal correlação entre a estrutura celular e as propriedades da madeira, diz respeito à proporção dos diferentes tecidos no lenho. Com base em estudos de Burger e Richter (1991) e Mady (2007), pode-se concluir que a reduzida porcentagem de vasos e raios, aliada a ausência de tecido parenquimático, e a elevada porcentagem de fibras, conferem às madeiras de *Calycophyllum* determinadas características, tais como: elevada massa específica, resistência a esforços mecânicos, alta contração volumétrica e permeabilidade.

A densidade da madeira é um forte indicador de qualidade, e sabidamente o parâmetro mais utilizado no setor florestal. Nas espécies de *Calycophyllum* investigadas, as características anatômicas da madeira apontam para uma elevada massa específica, devido a presença de elementos vasculares de pequeno tamanho; ausência de parênquima axial; raios de até 500 µm de altura, e 50 µm de largura; além de fibras de paredes delgadas a espessas, compondo mais de 40% do volume da madeira. Tais resultados corroboram estudos de Kryn (1953) e Richter e Dallwitz (2009), que mencionam densidades de 0,80 a 0,85 g/cm³ para *Calycophyllum candidissimum*; de 0,80 a 0,90 g/cm³ para *C. spruceanum*; e 0,71 g/cm³ para *C. multiflorum*. Léon (2011) descreve o lenho de *C. candidissimum* e *C. venezuelense* como duro e pesado, até muito duro; Tauchen (2011), por sua vez, comenta que a comercialização em larga escala da madeira de *Calycophyllum spruceanum* se deve à alta densidade e resistência mecânica da madeira, parâmetros apreciáveis na construção civil.

Conforme Paula (2003), madeiras de maior densidade correspondem, em geral, a uma maior resistência a esforços mecânicos e alto valor energético, em virtude do maior teor de celulose e lignina. Portanto, pode-se inferir que as espécies de *Calycophyllum*, quando submetidas à carbonização, produzem matéria prima de qualidade para obtenção de energia, em função da grande porcentagem de fibras, baixa proporção de tecido parenquimático e de vasos e da alta densidade do lenho, caracteres considerados essenciais para a sustentação de uma combustão eficiente.

O tecido lenhoso com uma densidade elevada, sabidamente apresenta paredes celulares mais espessas, lúmens reduzidos, e pontuações diminutas; características que

influenciam diretamente na penetração e mobilidade do adesivo na madeira, interferindo negativamente na formação de produtos colados, como os painéis. Marra (1992) discorre sobre o assunto, visto que, quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasionará uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca. Essa relação é igualmente evidenciada nas Rubiaceae trabalhadas, considerando-se a espessura da parede celular das fibras e dos vasos, além do reduzido tamanho das pontoações.

A permeabilidade da madeira também deve ser considerada no processo de secagem, de preservação, e fabricação da polpa e do papel (BURGER; RICHTER, 1991). Com base nos caracteres anatômicos, tais como a frequência e disposição dos elementos vasculares, e a ausência de depósitos (gomas e tiloses), presume-se que às madeiras de *Calycophyllum* apresentam boa permeabilidade. Por outro lado, deve-se considerar que as madeiras do gênero são densas e apresentam poucos espaços vazios, o que as torna menos permeáveis e difíceis de secar e impregnar com soluções preservativas.

Quanto à estabilidade dimensional da madeira, decorrente do processo de perda e ganho de umidade no material, pode ser explicada, em parte, pela anatomia peculiar de cada espécie. Almeida (2006) constatou que a dimensão dos vasos é um dos parâmetros anatômicos que mais afeta o fator de retratibilidade, ou seja, espécies com elementos de vasos de maiores dimensões apresentaram um menor fator de retratibilidade, e vice-versa. Neste estudo, os vasos são classificados em função do reduzido diâmetro, como pequenos (50-100 μm) a muito pequenos ($\leq 50 \mu\text{m}$), o que remete a ocorrência de variações dimensionais em grande escala nas peças obtidas da madeira, segundo análise isolada dessa característica.

A resistência mecânica também é reflexo da proporção e organização dos elementos anatômicos no lenho: a baixa proporção de vasos e parênquima radial; a ocorrência de poros de pequenos diâmetro, e fibras com paredes moderadamente espessas, remetem à madeira de *Calycophyllum* boa resistência mecânica.

Nas espécies investigadas, a presença de cristais, aliada à ausência de parênquima axial, confere boa durabilidade natural à madeira. Kryn (1953) e Record e Hess (1943) mencionam para o gênero características como: dureza, resistência mecânica, textura fina e uniforme, grã- direita a irregular, boa trabalhabilidade. Porém, os autores referem a madeira de *Calycophyllum* como de baixa resistência à deterioração.

Do ponto de vista tecnológico, os elementos celulares que denotam maior importância na madeira são as fibras. Por essa razão, o conhecimento da quantidade desses constituintes e de sua estrutura, segundo Paula et al. (2000), é de fundamental importância na qualificação de madeiras para atividades diversas. Conforme observado na descrição anatômica de

Calycophyllum, as fibras médias, de paredes delgadas a espessas, contribuem favoravelmente na indústria de celulose e papel para uma boa formação de folha, para a maciez dos papéis “tissue”, e para a opacidade dos papéis de impressão, como também na fabricação do algodão hidrofílico, na indústria de fibras sintéticas (rayon e acetato de celulose) e papel-moeda. No entanto, papéis produzidos com fibras médias tendem a apresentar menor resistência à tração e ao arrebatamento.

A considerável porcentagem do tecido fibroso de paredes delgadas a espessas indica a madeira das espécies pesquisadas para geração de energia, como por exemplo: etanol, coque metalúrgico, carvão, lenha e álcool combustível. A grande porcentagem de fibras na madeira, remete a maior quantidade de substâncias consideradas básicas para geração de energia, tais como celulose, lignina e hemiceluloses.

5.5 Chave dicotômica

As espécies de *Calycophyllum* investigadas no presente estudo, embora com lenho semelhante anatomicamente, podem ser identificadas pela seguinte chave dicotômica.

1. Poros muito numerosos (40-100 poros/mm²); poros com diâmetro tangencial médio (50-100 µm); raios com >3 células de largura comumente presentes2
1. Poros extremamente numerosos (≥100 poros/mm²); poros com diâmetro tangencial pequeno (≤ 50 µm) raios com 2 ou 3 células de largura, raro mais3
2. Poros em sua maioria solitários (50%) e em múltiplos radiais (45%); raios com menos de 500 µm de altura *C. brasiliensis* f. *spruceanum*
2. Poros em sua maioria em múltiplos radiais (54%) e solitários (40%); raios com mais de 500 µm de altura *C. spruceanum*
3. Raios multisseriados baixos, com dimensões lineares menores que 400 µm; raios predominantemente bisseriados *C. multiflorum*
3. Raios multisseriados com dimensões lineares superiores a 400 µm; raios predominantemente trisseriados *C. candidissimum*

6 CONCLUSÃO

O estudo microscópico da estrutura anatômica do lenho de espécies do gênero *Calycophyllum* A.DC. (Rubiaceae), aliada à análise de Cluster com dados de outras espécies da família obtidos na literatura, permite as seguintes conclusões:

A maior parte das características anatômicas observadas nas espécies em estudo concorda, em linhas gerais, com o referido na literatura para a família Rubiaceae, tribo Condamineae e gênero *Calycophyllum*, mas discorda do apontado para a subfamília Ixoroideae.

A Anatomia da Madeira se inclina favoravelmente à passagem do gênero *Calycophyllum* para a subfamília Cinchonoideae.

Nem todas as amostras investigadas condizem com sua real identificação, como no caso da BFA 8217, proveniente do Herbário da Universidade alemã Black Forest Academy, referente à *Calycophyllum multiflorum*, que não corresponde à referida espécie.

O conjunto de características anatômicas observadas foi suficiente para caracterização do gênero *Calycophyllum*, mostrando que as quatro espécies estudadas formam um grupo bastante homogêneo e facilmente reconhecível, principalmente pela ausência de parênquima axial; raios grandes, com margens visivelmente curtas; fibras libriformes, septadas; e presença de areia cristalina em células de raio.

Apesar da ocorrência de muitos caracteres estruturais em comum, as quatro espécies investigadas apresentam particularidades anatômicas para a sua diferenciação, tais como: o volume ocupado pelos diferentes tecidos na madeira; o diâmetro, a abundância e o agrupamento de poros; o comprimento de elementos vasculares; a presença de conteúdos nos vasos; a largura e a altura do tecido radial; a altura do corpo central e das margens de raios; e o comprimento de fibras.

A presença de areia cristalina no tecido radial de *Calycophyllum* serve como importante marcador taxonômico do gênero na anatomia sistemática de Rubiaceae.

As 41 espécies de Rubiaceae estudadas na análise de agrupamento dividiram-se em quatro grupos principais, e de maneira geral, não formam grupos de acordo com as suas respectivas subfamílias, evidenciando homogeneidade nos caracteres anatômicos da família.

O gênero *Calycophyllum* é homogêneo em relação às características anatômicas do lenho, visto que as quatro espécies formaram agrupamento altamente semelhante entre si.

A Anatomia da Madeira inclina-se favoravelmente à proposição referida por K. Schumann e Mueller Argoviensis na *Flora brasiliensis*, em que consideraram *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis* como variedade de *Calycophyllum spruceanum*.

Presumidamente, as características anatômicas do lenho das espécies estudadas confere à madeira características como: elevada massa específica, resistência a esforços mecânicos, alta contração volumétrica, permeabilidade, boa durabilidade natural. Diante disso, a madeira de *Calycophyllum* pode ser indicada para os mais variados usos, tais como: construção civil, geração de energia, e na indústria de celulose e papel.

Apesar da homogeneidade nos caracteres anatômicos do lenho nas espécies de *Calycophyllum* presentemente investigadas, foi possível elaborar uma chave dicotômica para separação das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. N. **Estudo econométrico da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no estado do Paraná**. 2006. 235 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. **IAWA Bulletin**, v. 21, p. 3-30, 2000.
- ANDERSSON, L. Tribes and genera of the Cinchoneae complex (Rubiaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 82, p. 409–427, 1995.
- ANDERSSON, L.; ROVA, J. H. E. The rps intron and the phylogeny of the Rubioideae (Rubiaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 214, p. 161-186, 1999.
- ANDRADE, A. C.; SOUZA, A. F.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, A. P. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 609-615, 2000.
- ANDREASEN, K.; B. G. BALDWIN; B. BREMER. Phylogenetic utility of the nuclear rDNA ITS region in subfamily Ixoroideae (Rubiaceae): comparisons with cpDNA rbcL sequence data. **Pl. Syst. Evol.** v. 217, p. 119-135. 1999.
- ANDREASEN, K.; BREMER. B. Phylogeny of the subfamily Ixoroideae (Rubiaceae). **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 119-138, 1996.
- APG (The Angiosperm Phylogeny Group) II. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n. 141, p. 399-436, 2003.
- APG (The Angiosperm Phylogeny Group) III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n. 161, p. 105-121, 2009.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. 438 p.

BAAS, P. **Systematic, phylogenetic, and ecological wood anatomy: history and perspectives.** p. 23-58. In: BASS, P. *New Perspectives in Wood Anatomy.* Boston: Martinus Nijhoff/Dr. Junk Publishers, 1982. 252 p.

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F. H. Ecological trends in wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, v. 8, p. 245-274, 1987.

BAAS, P.; WHEELER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, v. 4, p. 141-159, 1983.

BACIGALUPO, M. N. Sinopsis preliminar del género *Calycophyllum* (Rubiaceae). **Darwiniana**, v. 14(4), p. 639-653, 1968.

BAILEY, I. W. The cambium and its derivate tissues VIII. Structure, distribution and diagnostic significance of the vestured pits in Dicotyledons. **Journal Arnold Arbor.**, v. 14, p. 259-273, 1933.

BARROS, M. A. A. de. I - Ocorrência das domácias nas angiospermas. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 18, p. 113-130, 1961.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; COSTA, C. G.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F. **Sistemática de Angiospermas do Brasil.** v. 3. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1991.

BONSEN, K. J. M.; KUCERA, L. J. Vessel occlusions in plants: morphological, functional and evolutionary aspects. **IAWA Bulletin**, v. 11(3), p. 393-399, 1990.

BOTOSSO, P. C.; GOMES, A.V. Radial vessels and series of perforated ray cells in Annonaceae. **IAWA Bulletin.**, v. 3, p. 103-182, 1982.

BREMEKAMP, C. E. D. Les sous-familles et les tribus des Rubiacées. In: HUITIÈME CONGRÈS INTERNATIONAL DE BOTANIQUE, RAPPORTS ET COMMUNICATIONS, 1954, Paris. **Anais...** Paris: 1954. p. 113-114.

BREMEKAMP, C. E. B. Remarks on the positions the delimitations and subdivision of the Rubiaceae. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 15, p. 1-33, 1966.

BREMEKAMP, C. E. B. **The African species of Oldenlandia L. sensu Hiern et K. Schumann.** Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Afd. Natuurkunde, Tweende Reeks, LVIII, no 2, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1952. 297 p.

BREMER, B. A review of molecular phylogenetic studies of Rubiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 96, p. 4-26, 2009.

BREMER, B.; ANDREASEN, K.; OLSSON, D. Subfamilial and tribal relationships in the Rubiaceae based on rbcL sequence data. **Annals of Missouri Botanical Garden**, v. 82, p. 383-397, 1995.

BREMER, B.; ERIKSSON, O. Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamily, and tribes. **International Journal of Plant Science**, v. 170, p. 766-793, 2009.

BREMER, B.; JANSEN, R. K. Comparative restriction site mapping of chloroplast DNA implies new phylogenetic relationships within Rubiaceae. **American Journal of Botany**, v. 78, p. 198-213, 1991.

BRIDSON, D.; VERDCOURT, B. Rubiaceae (Part 2). In: R. M. Polhill [ed.], **Flora of Tropical East Africa**. Rotterdam, Netherlands: Balkema, 1988. p. 415-747.

BURGER, L. M. **Estudo anatômico do xilema secundário de sete espécies nativas do gênero *Dalbergia*, Leguminosae – Faboideae.** 1979. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.

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

CABRAL, E. L.; BACIGALUPO, N. M. Novedades em Rubiaceae-Spermacoaceae de La flora de São Pablo, Brasil. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 34(3-4), p. 149-155, 2001.

CABRAL, E. L.; BACIGALUPO, N. M. Novedades Taxonómicas y Nomenclaturales em Borreria y Galianthe (Rubiaceae-Spermacoaceae). In: VIII CONGRESO NACIONAL DE BOTÁNICA, 1999, Blumenau. **Anais...** Blumenau: 1999. p. 18-23.

CABRAL, E. L.; BACIGALUPO, N. M. Novelty in Spermacoaceae (Rubiaceae) from Bolivia and Paraguay. **Brittonia**, v. 57(2), p. 129-140, 2005.

CABRAL, E. L.; SALAS, R. M. *Coccocypselum pulchellum* (Rubiaceae), Nuevo registro para Argentina. **Darwiniana**, v. 45(2), p. 181-187, 2007.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J. da. Anatomia do lenho de três espécies do gênero *Simira* Aubl. (Rubiaceae) da Floresta Atlântica no estado do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v. 54 (83), p. 23-33, 2003.

CAMERON, K. M.; CHASE, M. W.; WHITTEN, W. M.; KORES, P. J.; JARRELL, D. C.; ALBERT, V. A.; YUKAWA, T.; HILLS, H. G.; GOLDMAN, D. H. A phylogenetic analysis of the Orchidaceae: evidence from rbcL nucleotide. **American Journal of Botany**, v. 86, p. 208- 224. 1999.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy**. Berlin: Springer-Verlag, 2001. 448 p.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy**: systematic ecological and evolutionary aspects of dicotyledonean wood. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 15 p.

CARLQUIST, S. Wood anatomy of Aextoxicaceae and Berberidopsidaceae is compatible with their inclusion in Berberidopsidales. **Systematic Botany**, v. 28, p. 317-325, 2003.

CARLQUIST, S. Wood anatomy of Stilbaceae and Retziaceae: ecological and systematic implications. **Aliso**, v. 11, p. 299-316, 1986.

CHALK, L.; CHATTAWAY, M. M. Perforated ray cells. **Proc. Royal Soc. London**, v. 113, p. 82–92, 1933.

CHANG, Y. R. **Anatomy of wood and bark in the Rubiaceae**. 1951. 374 f. Dissertação (Doctoral dissertation) – Univ. of Michigan, Michigan, 1951.

CHIQUIERI, A.; DI MAIO, F. R.; PEIXOTO, A. L. A distribuição geográfica da família Rubiaceae Juss. na Flora Brasiliensis de Martius. **Rodriguésia**, v. 55 (84), p. 47-57, 2004.

CHOAT, B.; COBB, A. R.; JANSEN, S. Structure and function of bordered pits: new discoveries and impacts on whole-plant hydraulic function. **New Phytologist**, v. 177, p. 608-626, 2008.

COELHO, V. P. M. **Anatomia do caule (casca e lenho), da folha e coléteres de *Bathysa cuspidata* (St. Hil.) Hook. f. (Rubiaceae)**. 79 f. 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Botânica) –Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Botânica Brasilica**, v. 24(3), p. 747-755, 2010.

COSTA, L. M.; CARVALHO, A. M.; PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, C. M. A.; SILVA, C. C.; DELPRETE, P.; KATO, L. Avaliação fitoquímica e atividade biológica de *Spermacoce poaya* (Rubiaceae). In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG – CONPEEX, 2006, Goiânia. **Anais eletrônicos** do III Seminário de Pesquisa e Pós-graduação da UFG [UFG], 2006. 5 p.

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

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, Columbia Univ. Press. 1981. 1262 p.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plant**. New York: Willian C. Steere, 1968. 395 p.

CROS, J.; COMBES, M. C.; TROUSLOT, P.; ANTHONY, F.; HAMON, S.; CHARRIER, A.; LASHERMES, P. Phylogenetic analysis of chloroplast DNA variation in *Coffea* L. *Molec. Phylogenet. Evol*, v. 9, p. 109-117, 1998.

CURY, G. **Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do cerrado e da mata atlântica do estado de São Paulo**. 2001. 178 f. Dissertação (Recursos Florestais com Opção em Tecnologia de produtos Florestais) – ESALQ-USP, São Paulo, 2001.

DAHLGREN, R. A revised system of classification of the Angiosperms. **Bot. J. Linn. Soc**, v. 80, p. 91-124, 1980.

DE CANDOLLE, A. P. **Regni vegetabilis systema natural: Sive ordines, genera et species plantarum secundum methodi naturalis normas digestarum et descriptorum**. V. 1. Paris. 1818. 564 p.

DELPRETE, P. G. Evaluation of the tribes Chiococceae, Condamineeae and Catesbaeeae (Rubiaceae) based on morphological characters. **Opera Botanica Belgica**, v. 7, p. 165-192, 1996.

DELPRETE, P. G. In: SMITH, N. P.; KLEIN, R. M. 2005. Rubiáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. v. 2, p. 702-776, 2005.

DELPRETE, P. G. Riodoceia (Rubiaceae, Gardenieae), a new genus from the Brazilian Atlantic forest. **Brittonia**, v. 51(1), p. 15-23, 1999.

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.

DELPRETE, P. G.; SOUZA, E. B. *Psychotria carrascoana* (Rubiaceae), a new species From the Carrasco Vegetation of Northeastern Brazil. **Novon**, v. 14, p. 158-162, 2004.

DÉTIENNE, P.; JACQUET, P. **Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des regions voisines**. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, 1983. 640 p.

DIAS-LEME, C. L.; GASSON, P.; LUGHADA, E. N. Wood anatomy of four Myrtaceae genera in the subtribo Myciinae from south America. **IAWA Bulletin**, n. 16, p. 87-95, 1995.

DICKISON, W. C. The bases of Angiosperm Phylogeny. Vegetative Anatomy. **Ann. Missouri Bot. Gard.**, v. 62, p. 596-620, 1975.

EAMES, A. J. **Morphology of the Angiosperms**. New York: McGraw-Hill, 1961. 518 p.

EAMES, A. J.; McDANIELS, L. H. **An introduction to Plant Anatomy**. Bombay: New Dehli, 1953. 427 p.

ESAU, K. **Anatomía Vegetal**. 2. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1959. 729 p.

EVERT, R. F. **Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development**. 3ed. New Jersey, Canadá: Jonh Wiley & Sons, inc, 2006. 601 p.

FAHN, A. **Plant anatomy**. 4. ed. New York: Pergamon Press, 1980. 588 p.

FONSECA, N. C. A xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 1, p. 65-140, jan./ abr. 2005.

FRANÇA, S. C. Abordagens Biotecnológicas para obtenção de substâncias ativas. Porto Alegre/Florianópolis, **Editora da UFRGS**, p. 124-146, 2004.

GILBERT, S. G. Evolutionary significance of ring porosity in the wood of angiosperms. **Bot. Gaz.**, v. 102, n. 1, p. 105-120, 1940.

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**, 1: 1968. 482 p.

GOMES, A. V.; MUÑIZ, G. I. B. de. Estrutura e ultraestrutura da madeira de *Prosopis caldenia*, *P. chilensis* e *P. juliflora* e influência de fatores ecológicos. In: **ENCONTRO INTERNACIONAL DE *Prosopis***, nº. 2, 1986. Recife, Pernambuco.

GOMES, M. Rubiaceae. In: LIMA, M. P. M. de; GUEDES-BRUNI, R. R. (Org.). **Reserva ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo – RJ**: Aspectos Florísticos das espécies vasculares. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1996. v. 2, p. 345-426.

GOMIDE, L. J.; COLODETTE, L. J.; OLIVEIRA, C. R.; SILVA, M. C. Caracterização tecnológica, para a produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

HEYWOOD, V. H. **Taxonomia vegetal**. São Paulo: Editora Nacional/EPU, USP (Estudos de Biologia, 5), 1970. 180 p.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 218-359, 1989.

JANSEN, S. B.; ROBBRECHT, E.; BECKMAN, H.; SMETS, E. Wood anatomy of the predominantly African representation of the Tribe Psychotrieae (Rubiaceae – Rubioideae). **IAWA Bulletin**, v. 1812, p. 169-196, 1997.

JANSEN, S. E.; ROBBRECHT, H.; BEECKMAN & SMETS, E. Comparative wood anatomy of African Coffeae (Rubiaceae–Ixoroideae). **Belg. J. Bot.** 130: 47-58. 1997.

JANSEN, S.; BLOCK, P.; BEECKMAN, H.; SMETS, E. Systematic wood anatomy of the Pavetteae (Rubiaceae–Ixoroideae). **Syst. Geogr.**, v. 68, p. 113-133. 1999.

JANSEN, S.; LENS, F.; NTORE, S.; PIESSCHAERT, 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 Bulletin**, v. 23, n. 1, p. 1-67, 2002.

JANSEN, S.; SMETS, E.; BAAS, P. Vestures in wood plants: A review. **IAWA Bulletin**, 19 (4): 347-382. 1998.

JANSSONIUS, H. H. **Mikrographie des Holzes**: der auf Java vorkommenden Baumarten. IV. Leiden. 1926. 837 p.

JOFFILY, A.; DOMINGUES, D. F.; VIEIRA, R. C. Perforated ray cells in the root and stem of *Maytenus* (Celastroideae-Celastraceae). **IAWA Bulletin**, v. 28, n. 3, p. 311-314, 2007.

JOLY, A. B. **Introdução à Taxonomia Vegetal**. 13. ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional. 2002. 778 p.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A. **Sistemática vegetal: Um enfoque Filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 471-475. 2009.

KAINULAINEN, 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.

KOEK-NOORMAN, J. A contribution to the wood Anatomy of South American (Chiefly Suriname) Rubiaceae. I. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 18, n. 1, p. 108-123, 1969.

KOEK-NOORMAN, J. A contribution to wood Anatomy of the Cinchoneae, Coptosapelteae and Naucleaeae (Rubiaceae). **Acta Botanica Neerlandica**, v. 19, p. 154-164, 1970.

KOEK-NOORMAN, J. Systematische holzanatomie einiger Rubiaceen. **Ber. Deut. Bot. Ges.**, v. 90, p. 183-190, 1977.

KOEK-NOORMAN, J. The Wood Anatomy of Gardeniae, Ixoreae and Mussaendeae (Rubiaceae). **Acta Botanica Neerlandica**, v. 21, n. 3, p. 301-320, 1972.

KOEK-NOORMAN, J.; HOGEWEG, P. The wood anatomy of Vanguerieae, Cinchoneae, Codamineae, and Rondeletieae (Rubiaceae). **Acta Botanica Neerlandica**, v. 23, n. 5/6, p. 627-653, 1974.

KOEK-NOORMAN, J.; PUFF, C. The wood anatomy of Rubiaceae tribes Anthospermeae and Paederieae. **Pl. Syst. Evol.**, v. 143, p. 17-45, 1983.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.

KRIBS, D. **Comercial foreign woods on the American market**. Dover Publications Inc. New York. 1968. 241 p.

KRYN, J. M. Degame, Lemonwood - *Calycophyllum candidissimum* (Vahl.) DC. Family: Rubiaceae. Information leaflet foreign woods. **Agriculture-Madison**, University of Wisconsin, 7 p. 1953.

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

LEÓN, H., WILLIAMS J. Anatomía de la madera de 31 especies de Rubiaceae en Venezuela. **Acta Botánica Venezolana**, v. 34, n. 2, p. 347-379, 2011.

LIMA, M. R. **Anatomia comparada do lenho de quatro espécies de *Guarea* Allamand ex. Linnaeus ocorrentes na Zona da Mata Mineira e na Amazônia Brasileira**. 1994. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

LISBOA, P. L. B. **Anatomia do lenho secundário das madeiras do gênero *Iryanthera* Warb. como contribuição a sua taxonomia**. 1988. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Mackenzie, São Paulo, 1988.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: PLANTARUM, v. 1, 2. ed., 1998. 368 p.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. Estudos dendrológicos e anatômicos do lenho de 7 espécies e 3 subespécies de *Dimorphandra* (Leguminosae Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, v. 11, n. 3, p. 561-81, 1981.

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

MACHADO, S. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; MORRETES, B. L. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). **IAWA Bulletin**, v. 18, p. 13-25, 1997.

MADY, F. T. M. **Técnicas para Microscopia da Madeira**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA), 2007. 80 p.

MARCHIORI, J. N. C. Anatomia da madeira de limoeiro-do-mato, *Randia armata* (Sw.) DC. **Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 39-48, 1987.

MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia das madeiras do gênero *Acacia*, nativas e cultivadas no Estado do Rio Grande do Sul**. 1990. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

MARCHIORI, J. N. C. **Estudo anatômico do xilema secundário de algumas espécies dos gêneros *Acacia* e *Mimosa*, nativas no estado do Rio Grande do Sul**. 1980. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

MARCON-FERREIRA, M. L.; BARROS, C. F.; COSTA, C. G. Perforated ray cells in *Miconia ternatifolia* - A first report for the family Melastomataceae. **IAWA Bulletin**, v. 30, p. 163-164, 2009.

MARQUES, M. H. B. **Agrupamento de 41 espécies da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas**. 2008. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARRA, A. A., **Technology of wood bonding**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.

MCLEAN, J. D.; RICHARDSON, P. E. Vascular ray cells in woody stems. **Phytomorphology**, v. 23, p. 59-64, 1973.

MENDAÇOLLI, S. L. J. Nova Espécie de *Galium* L. (Rubiaceae) para o Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 4, p. 605-608, 2003.

MENDOZA, H.; RAMÍREZ, B.; JIMÉNEZ, L. C. **Rubiaceae de Colombia**: Guía ilustrada de géneros. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2004. 351 p.

MENNEGA, A. M. W. Wood anatomy of the subfamily Euphorbioideae: a comparison with subfamilies Crotonoideae and Acalyphoideae and the implications for circumscription of the Euphorbiaceae. **IAWA Bulletin**, v. 26, p. 1-68, 2005.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press. 1957, p. 349-358.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Wood structure and conclusions of the general introduction. Oxford: Clarendon Press, vol. 2. 1983. 297 p.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1972. 1500 p.

MÓL, F. F. D. **Rubiaceae em um remanescente de floresta atlântica no Rio Grande do Norte, Brasil**. 2010. 116 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

MOLL, J. W.; H. H. JANSSONIUS. **Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommendes Baumarten**, vol. IV. Leiden: E. J. Brill. 1926. 565 p.

MÜLLER, A. J. Rubiaceae. In: C.F.P. Martius (ed.). **Flora Brasiliensis**, v. 6, n.5, p. 1-470, 1881.

NARDI, R. B.; EDLMANN, A. M. **Legnami tropicali importati in Italia**: anatomia e identificazione. vol. II. América Latina. Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale. Firenze, Italia. 1992.

NATALI, A.; MANEN, J. F.; EHRENDORFER, F. Phylogeny of the Rubiaceae-Rubioideae, in particular the tribe Rubieae: Evidence from a noncoding chloroplast DNA sequence. **Ann. Missouri Bot. Gard**, v. 82, p. 428-439, 1995.

NEGAI, S.; OHTANI, J.; FUKAZAWA, K. E.; JING, W. SEM observations on perforated ray cells. **IAWA Bulletin**, v. 15, p. 293-300, 1994.

NOGUEIRA, E. M.; NELSON, B.W.; FEARNSTIDE, P. M. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 208, n. 1/3, p. 261-286, 2005.

OGATA, K. Wood anatomy of the Caprifoliaceae of Japan. **IAWA Bulletin.**, v. 9, n. 4, p. 299-316, 1988.

OHTANI, J. SEM observation on perforation plates in some Rubiaceae. Proc. Pacif. In: REGIONAL WOOD ANATOMY CONF, 1984, Tsukuba, **Anais...** Tsukuba, 1984, p. 61-63.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. 2011. *Vegan*: community ecology package. Version 2.0-6. Available from: <<http://vegan.r-forge.r-project.org/>>.

OLIVEIRA, S. A. **Anatomia da madeira de quatro espécies da subtribo Baccharinae Lessing (asteraceae)**. 2005. 100 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazônica**, v. 33, n. 2, p. 243-262, abr./jun. 2003.

PAULA, J. E.; SILVA JÚNIOR, F. G.; SILVA, A. P. P. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro. **Scientia Florestalis**. n. 58, p. 73-89, 2000.

PERSSON, C. Phylogeny of the Gardenieae (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 121, p. 91-109. 1996.

PINHEIRO, A. L.; CARMO, A. P. T. Contribuição ao estudo tecnológico da canela-azeitona, *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez, uma espécie pioneira. i. características anatômicas da madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 121-145, 1993.

PINHO, R. A.; GORGATTI, L.; SAJO, M. G. Estudo anatômico do lenho das Anonáceas arbóreas nativas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 13, p. 25-42, 1986.

PIRES, I. P.; MARCATI, C. R. Anatomia e uso da madeira de duas variedades de *Sclerolobium paniculatum* Vog. do sul do Maranhão, Brasil. **Acta Botânica Brasilica.**, v. 19, n. 4, p. 669-678, 2005.

POLLITO, P. A. Z.; TOMAZELLO, M. Anatomia do lenho de *Uncaria guianensis* e *U. tomentosa* (Rubiaceae) do estado do Acre, Brasil. **Acta Amazônica**. v. 36, n.2, p. 169-176. 2006.

QIU, Y. L.; LEE, J.; BERNASCONI-QUADRONI, F.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; ZANIS, M.; ZIMMER, E. A.; CHEN, Z.; SAVOLAINEN, V.; CHASE, M. W. The earliest angiosperms: evidence from mitochondrial, plastid and nuclear genomes. **Nature**, v. 402, p. 404-407, 1999.

QUINTEIRO, M. M. C.; TEIXEIRA, D. C.; MORAES, M. G.; SILVA, J. G. Anatomia foliar de *Psychotria viridis* Ruiz & Pav. (Rubiaceae) **Rev. Univ. Rural**, v. 26, n. 2, p. 30-41, jul-dez, 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, 2011. URL <http://www.R-project.org/>.

RECORD, S. J., HESS, R. W. **Timbers of The New World**. New Haven: Yale University Press, 1949. 640 p.

RECORD, S. J.; HESS, R. W. **Timbers of the New World**. New Haven: Yale University Press, 1943. 640 p.

RIBEIRO, J. E. L. da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M. de; SOUZA, M. A. D.; MARTINS, L. H. P.; LOHMAN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. C.; SILVA, C. F.; MESQUISTA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firmera Amazônia Central**. Manaus: INPA. 1999. 799 p.

RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese and Spanish. Version: 25th June 2009 “<http://delta-intkey.com>”.

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

ROBBRECHT, E.; MANEN, J. F. The major evolutionary lineages of the coffee family (Rubiaceae, angiosperm). Combined analysis (nDNA and cpDNA) to infer the position of *Coptosapelta* and *Lucilia*, and supertree construction based on *rbcL*, *rps16*, *trnL-trnF* and *atpB-rbcL* data. A new classification in two subfamilies, Cinchonoideae and Rubioideae. **Systematics and Geography of Plant**, v. 76, p. 85-146, 2006.

ROIG, J. F. A. The wood of *Adesmia horrida* and its modifications by climatic conditions. **IAWA Bulletin**, v. 7, n. 2, p. 129-132, 1986.

ROVA, J. H. E.; DELPRETE, P. G.; ANDERSSON, L.; ALBERT, V. A. A *trnl-f* cpDNA sequence study of the Condamineeae-Rondeletieae-Sipaneeae complex with implications on the phylogeny of the Rubiaceae. **American Journal of Botany**, v. 89, n.1, p. 145-159, 2002.

RUDALL, P. J. An unusual perforation plate in *Canthium barbatum* Seem. (Rubiaceae). **IAWA Bulletin**, v. 3, p. 127-129. 1982.

SANTOS, E. **Nossas Madeiras**. Belo Horizonte: Itatiaia, v. 7, 1987. 313 p.

SANTOS, S. R. **Estudo anatômico do lenho e descrição morfológica de cinco espécies sul-rio-grandenses da família Rhamnaceae**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SCHUMANN, K. Rubiaceae. In: C.F.P. Martius (ed.). **Flora Brasiliensis**, v. 6, n. 6, p. 1-123, 1888.

SCHUMANN, K. Rubiaceae. In: C.F.P. Martius (ed.). **Flora Brasiliensis**, v. 6, n. 6, p. 124-466, 1889.

SCHUMANN, K. Rubiaceae. In: Engler, A. & Prantl, K. (eds.), **Die natürlichen Pflanzenfamilien**. Engelmann: Leipzig, vol. 4(4), 1891. p. 1-156.

SHAHEEN, F.; AHMAD, M.; KHAN, M. T. H.; JALIL, S.; EJAZ, A.; SULTANKHODJAEV, M. N.; ARFAN, M.; CHOUDHARY, M. I.; ATTA-UR-RAHMAN, P. Alkaloids of Aconitum leave and their antiinflammatory, antioxidant and tyrosinase inhibition activities, **Phytochemistry**, v. 66, p. 935-940, 2005.

SIEGLOCH, A. M.; MARCHIORI, J. N. C.; SANTOS, S. R. Anatomia do lenho de *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K. Schum. (Rubiaceae). **Balduinia**. n. 31, p. 20-26, 2011a.

SIEGLOCH, M. A.; SANTOS, R. S.; MARCHIORI, J. N. C. Estudo anatômico do lenho de *Colubrina glandulosa* Perkins. **Balduinia**. n. 29, p. 28-34, 2011b.

SILVA NETO, S. J.; ÁVILA, R. S. JR. Uma Nova Espécie de *Randia* (Rubiaceae, Gardenieae) para o Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 739-742, 2007.

SOFFIATTI, P.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.A. Estudo anatômico comparativo do lenho e da casca de duas espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 175-184, 1999.

SOLEREDER, H. Ein Beitrag zur anatomischen charakteristik und zur systematik der Rubiaceen. **Bull. Herb. Boiss**, v. 1, p. 167-183, 1893.

SONSIN, J. O.; MACHADO, S. R.; MARCATI, C. R. Perforated ray cells in the wood of roots and branches of cerrado species from Brazil. **IAWA Bulletin**, v. 29, n. 3, p. 291-299, 2008.

SOUZA, M. C.; CISLINSKI, J.; ROMAGNOLO, M. B. Levantamento florístico. In: Vazzoler, A. E.; Agostinho, A. A.; Hahn, N.S. (ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá, EDUEM: Nupélia. cap. II.12. 1997. p. 343-368.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum. 2008. 768 p.

TAKHTAJAN, A. Outline of the Classification of Flowering Plants (Magnoliophyta). **Bot. Rev.** v. 46, p. 225-359, 1980.

TAUCHEN, J.; LOJKA, B.; HLÁSNÁ-ČEPKOVÁ, P.; SVOBODOVÁ, E.; DVOŘÁKOVÁ, Z.; ROLLO, A. Morphological and genetic diversity of *Calycophyllum spruceanum* (BENTH) K. SCHUM (Rubiaceae) in peruvian Amazon. **Agricultura Tropica et Subtropica**. v. 44, n. 4, p. 212-218, 2011.

TAYLOR, C. M.; CAMPOS, M. T. V. A.; ZAPPI, D. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Rubiaceae. **Rodriguésia**, v. 58, n. 3, p.549-616, 2007.

TERRAZAS, T. Occurrence of perforated ray cells in genera of Pachyceraceae (Cactaceae) **IAWA Bulletin**, v. 21, n.4, p. 457-462, 2000.

THE INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX (2014). Published on the Internet. <http://www.ipni.org> [accessed 03 jan 2014]

THORNE, R. F. A phylogenetic classification of the angiospermae. **Journal of Evolutionary Biology**, Basel, v. 935, p. 106, 1976.

TORTORELLI, L. A. **Maderas y bosques argentinos**. Buenos Aires: ACME, 1956. 910 p.
VERDCOURT, B. Remarks on the Classification of the Rubiaceae. **Bulletin du Jardin Botanique de l'État a Bruxelles**, v. 28, n. 3, p. 209-290, 1958.

VESTAL, P. A. Wood anatomy as an aid to classification and phylogeny. **Chronica Botanica**, v. 6, n. 3, p. 53-54, 1940.

VILLALBA, P. Xylem structure and cambial activity in *Prosopis flexuosa* DC. **IAWA Bulletin**, v. 6, n. 2, p. 119-130, 1985.

VLIET, G. J. C. M.; BAAS, P. Wood anatomy and classification of the Myrtales. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, n.71, p. 783-800, 1984.

WELLE, B. J. H.; LOUREIRO, A. A.; LISBOA, P. L. B.; KOEK-NOORMAN, J. Systematic wood anatomy of the tribe Guettardeae (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 87, p. 13-28, 1983.

WHEELER, E. A. Vessels per square millimetre or vessel groups per square millimetre? **IAWA Bulletin.**, v. 7, p. 73-74, 1986.

WHEELER, E. A.; BAAS, P. A survey of the fossil record for Dicotyledonous Wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. **IAWA Bulletin.**, v. 12, n. 3, p. 275-332, 1991.

WHEELER, E. A.; BAAS, P.; RODGERS, S. Variations in dicot Wood anatomy: a global analysis based on insidewood database. **IAWA Bulletin**, v. 28, n. 3, p. 229-258, 2007.

WHEELER, E.A.; BAAS, P.; GASSON, P.E. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n. 3, p. 218- 359, 1989.

ZANG, S.; BAAS, P.; ZANDEE, M. Wood structure of the Rosaceae in relation to ecology, habit and phenology. **IAWA Bulletin.**, v. 13, p. 307-349, 1992.

ZHU, W. M. et al., Components of stem barks of *Winchialophylla* A. DC. And their bronchodilatadro activities. **Journal of integrative plant biology**, v. 47, n. 7, p. 892-896, 2005.

APÊNDICES

Apêndice A – Dados quantitativos do lenho de *Calycophyllum spruceanum* f. *brasiliensis*

Caracteres anatômicos	n	mín	x	máx	S	cv%
Fração de vasos (%)	6	17	23	30	7	30
Abundância de vasos (vasos/mm ²)	10	82	97	109	8	8
Diâmetro total de vasos (µm)	25	63	80	103	11	14
Diâmetro do lúmen de vasos (µm)	25	55	71	93	11	15
Espessura da parede de vasos (µm)	25	3	5	8	1	20
Comprimento elementos vasculares (µm)	25	270	649	900	170	26
Comprimento de apêndice (µm)	25	30	110	290	74	67
Diâmetro da pontoação intervascular (µm)	10	5	7	8	1	14
Diâmetro da pontoação raio-vascular (µm)	10	3	4	5	1	25
Fração de raios (%)	6	29	31	33	2	6
Abundância de raios (raios/mm)	10	10	12	15	1	8
Fração de raios unisseriados (%)	6	7	8	10	2	25
Altura de raios unisseriados (n° células)	25	2	4	9	2	50
Altura de raios unisseriados (µm)	25	110	303	590	126	42
Largura de raios unisseriados (µm)	25	10	15	20	3	20
Altura de raios multisseriados (n° células)	25	9	17	24	4	24
Altura de raios multisseriados (µm)	25	300	467	660	91	19
Largura de raios multisseriados (µm)	25	30	47	75	9	19
Fração de raios bisseriados (%)	6	0	1	2	1	100
Fração de raios trisseriados (%)	6	19	22	26	3	14
Fração de raios tetraseriados (%)	6	57	62	69	6	10
Fração de raios mais largos (%)	6	5	7	8	2	29
Altura do corpo central (n° células)	25	6	14	21	4	29
Altura do corpo central (µm)	25	160	267	400	59	22
Altura da margem (n° células)	25	1	2	3	1	50
Altura da margem (µm)	25	40	106	220	49	46
Fração de fibras (%)	6	39	46	50	6	13
Comprimento de fibras (µm)	25	850	1371	1780	249	18
Diâmetro total de fibras (µm)	25	15	22	28	4	18
Diâmetro do lúmen de fibras (µm)	25	8	10	13	2	20
Espessura da parede de fibras (µm)	25	3	6	15	2	33

Em que: n = número de observações, referente a uma amostra; mín = valor mínimo; x = média; máx = valor máximo; s = desvio padrão; cv% = coeficiente de variação (s/x) x 100; µm = micrômetros.

Apêndice B - Dados quantitativos do lenho de *Calycophyllum candidissimum*

Caracteres anatômicos	n	mín	x	máx	S	cv %
Fração de vasos (%)	12	19	21	23	3	14
Abundância de vasos (vasos/mm ²)	20	126	163	202	19	12
Diâmetro total de vasos (µm)	50	33	54	75	9	17
Diâmetro do lúmen de vasos (µm)	50	28	48	65	9	19
Espessura da parede de vasos (µm)	50	1	3	5	1	33
Comprimento elementos vasculares (µm)	50	190	656	1050	205	31
Comprimento de apêndice (µm)	50	30	102	340	64	63
Diâmetro da pontoação intervascular (µm)	20	4	5	8	1	20
Diâmetro da pontoação raio-vascular (µm)	20	3	3	5	1	33
Fração de raios (%)	12	27	32	40	5	16
Abundância de raios (raios/mm)	20	9	14	20	2	14
Fração de raios unisseriados (%)	12	14	18	26	4	22
Altura de raios unisseriados (nº células)	50	1	5	12	3	60
Altura de raios unisseriados (µm)	50	150	288	650	106	37
Largura de raios unisseriados (µm)	50	8	13	20	3	23
Altura de raios multisseriados (nº células)	50	8	16	25	5	31
Altura de raios multisseriados (µm)	50	190	457	620	106	23
Largura de raios multisseriados (µm)	50	15	33	50	6	18
Fração de raios bisseriados (%)	12	11	15	18	3	20
Fração de raios trisseriados (%)	12	46	56	68	8	14
Fração de raios tetraseriados (%)	12	7	11	16	4	36
Altura do corpo central (nº células)	50	5	12	19	4	33
Altura do corpo central (µm)	50	70	241	440	79	33
Altura da margem (nº células)	50	1	2	5	1	50
Altura da margem (µm)	50	40	115	250	56	49
Fração de fibras (%)	12	41	48	55	6	13
Comprimento de fibras (µm)	50	910	1435	2000	286	20
Diâmetro total de fibras (µm)	50	13	17	25	3	18
Diâmetro do lúmen de fibras (µm)	50	3	6	13	2	33
Espessura da parede de fibras (µm)	50	4	6	9	2	33

Em que: n = número de observações, referente à duas amostras; mín = valor mínimo; x = média; máx = valor máximo; s = desvio padrão; cv% = coeficiente de variação (s/x) x 100; µm = micrômetros.

Apêndice C - Dados quantitativos do lenho de *Calycophyllum multiflorum*

Caracteres anatômicos	n	mín	x	máx	s	cv%
Fração de vasos (%)	48	28	38	46	5	13
Abundância de vasos (vasos/mm ²)	80	322	434	549	47	11
Diâmetro total de vasos (µm)	200	28	49	70	8	16
Diâmetro do lúmen de vasos (µm)	200	15	42	60	9	21
Espessura da parede de vasos (µm)	200	1	4	10	1	25
Comprimento elementos vasculares (µm)	200	350	627	910	122	19
Comprimento de apêndice (µm)	200	25	94	290	56	60
Diâmetro da pontuação intervascular (µm)	80	4	5	8	1	20
Diâmetro da pontuação raio-vascular (µm)	80	3	3	5	1	33
Fração de raios (%)	48	16	22	33	6	27
Abundância de raios (raios/mm)	80	8	12	16	2	17
Fração de raios unisseriados (%)	48	16	29	43	10	34
Altura de raios unisseriados (n° células)	200	2	6	13	3	50
Altura de raios unisseriados (µm)	200	80	267	660	114	43
Largura de raios unisseriados (µm)	200	8	15	25	3	20
Altura de raios multisseriados (n° células)	200	6	14	22	4	29
Altura de raios multisseriados (µm)	200	210	384	650	99	26
Largura de raios multisseriados (µm)	200	15	26	38	4	15
Fração de raios bisseriados (%)	48	56	67	78	8	12
Fração de raios trisseriados (%)	48	0	4	9	3	75
Altura do corpo central (n° células)	200	2	10	19	4	40
Altura do corpo central (µm)	200	70	219	520	81	37
Altura da margem (n° células)	200	1	2	5	1	50
Altura da margem (µm)	200	30	98	250	52	53
Fração de fibras (%)	48	29	40	52	7	18
Comprimento de fibras (µm)	200	90	1257	1780	269	21
Diâmetro total de fibras (µm)	200	15	21	33	3	14
Diâmetro do lúmen de fibras (µm)	200	3	9	15	3	33
Espessura da parede de fibras (µm)	200	3	6	10	1	17

Em que: n = número de observações, referentes à oito amostras; mín = valor mínimo; x= média; máx = valor máximo; s = desvio padrão; cv% = coeficiente de variação (s/x) x 100; µm= micrômetros.

Apêndice D - Dados quantitativos do lenho de *Calycophyllum spruceanum*

Caracteres anatômicos	n	mín	x	máx	s	cv%
Fração de vasos (%)	24	22	29	38	5	17
Abundância de vasos (vasos/mm ²)	40	69	98	130	16	16
Diâmetro total de vasos (µm)	100	50	92	130	16	17
Diâmetro do lúmen de vasos (µm)	100	40	83	125	16	19
Espessura da parede de vasos (µm)	100	1	4	8	2	50
Comprimento elementos vasculares (µm)	100	210	589	1030	225	38
Comprimento de apêndice (µm)	100	20	101	420	64	63
Diâmetro da pontuação intervacular (µm)	40	3	5	8	1	20
Diâmetro da pontuação raio-vascular (µm)	40	3	3	5	1	33
Fração de raios (%)	24	12	24	37	8	33
Abundância de raios (raios/mm)	40	8	11	14	2	18
Fração de raios unisseriados (%)	24	5	12	17	4	33
Altura de raios unisseriados (nº células)	100	1	4	15	2	50
Altura de raios unisseriados (µm)	100	110	279	620	110	39
Largura de raios unisseriados (µm)	100	3	14	25	4	29
Altura de raios multisseriados (nº células)	100	7	22	54	8	36
Altura de raios multisseriados (µm)	100	200	554	1230	161	29
Largura de raios multisseriados (µm)	100	13	39	85	15	38
Fração de raios bisseriados (%)	24	0	4	13	4	100
Fração de raios trisseriados (%)	24	16	43	67	19	44
Fração de raios tetraseriados (%)	24	23	38	59	15	39
Fração de raios mais largos (%)	24	0	3	19	8	267
Altura do corpo central (nº células)	100	5	18	52	8	44
Altura do corpo central (µm)	100	110	365	970	149	41
Altura da margem (nº células)	100	1	2	5	1	50
Altura da margem (µm)	100	30	118	360	52	44
Fração de fibras (%)	24	31	48	55	8	17
Comprimento de fibras (µm)	100	720	1441	2400	366	25
Diâmetro total de fibras (µm)	100	10	20	50	6	30
Diâmetro do lúmen de fibras (µm)	100	3	7	25	3	43
Espessura da parede de fibras (µm)	100	3	7	21	2	29

Em que: n = número de observações, referentes à quatro amostras; mín = valor mínimo; x = média; máx = valor máximo; s = desvio padrão; cv% = coeficiente de variação (s/x) x 100; µm = micrômetros.