

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

**ANATOMIA DO LENHO DE ESPÉCIES DE
EUPHORBIACEAE NATIVAS E CULTIVADAS NO
RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Anelise Marta Siegloch

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**ANATOMIA DO LENHO DE ESPÉCIES DE
EUPHORBIACEAE NATIVAS E CULTIVADAS NO
RIO GRANDE DO SUL**

Anelise Marta Siegloch

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

2014

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

Siegloch, Anelise Marta
ANATOMIA DO LENHO DE ESPÉCIES DE EUPHORBIACEAE NATIVAS
E CULTIVADAS NO RIO GRANDE DO SUL / Anelise Marta
Siegloch.-2014.
100 f.; 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, 2014

1. Anatomia da madeira 2. Euphorbiaceae 3. Análise de
Cluster I. Marchiori, José Newton Cardoso II. Título.

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

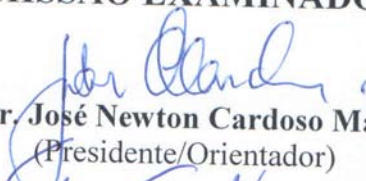
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ANATOMIA DO LENHO DE ESPÉCIES DE
EUPHORBIACEAE NATIVAS E CULTIVADAS NO
RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Anelise Marta Siegloch

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

COMISSÃO EXAMINADORA:


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


Fabiano da Silva Alves, Prof. Dr. (URCAMP)


Sidinei Rodrigues dos Santos, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 11 de fevereiro de 2014

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus mais sinceros agradecimentos a todos que colaboraram para a realização deste trabalho. De modo especial:

ao prof. Dr. José Newton Cardoso Marchiori pela confiança, orientação, ensinamentos e amizade;

ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, em especial às funcionárias Tita, Naira e Rone, sempre dispostas a ajudar nas questões burocráticas;

à Carla Zanatta Scapini pela revisão de português deste trabalho;

à Talita Baldini, ao Paulo Fernando dos Santos Machado e ao Alessandro Abreu Fávero pela leitura e sugestões deste trabalho;

aos meus pais, Irmgard Klöpsch Siegloch e Evaldo Siegloch pelo amor incondicional, ensinamentos, apoio, incentivo e exemplo de caráter e honestidade;

aos meus irmãos, Ana Emilia Siegloch e Ernani Alfredo Siegloch “pela infância querida que os anos não trazem mais” e pelos bons momentos de alegria, apoio e companheirismo;

ao Alessandro Abreu Fávero pelo amor, carinho, amizade, palavras de incentivo e confiança;

à estimada Livone Neu Marchiori pela acolhida, carinho e amizade;

às minhas queridas amigas, Carine, Vanessa, Daniela, Sandra, Juliane, Marielen, Mara, Maiara e à pequena Antônia pelos bons momentos de alegrias compartilhados, que certamente fazem minha estada em Santa Maria mais Feliz;

e à CAPES pelo apoio financeiro.

“Chegar ao objetivo é importante se assimilarmos as lições aprendidas no percurso. A conquista, além disso, transforma-se em um ponto de partida para iniciar outra busca e continuar aprendendo.”

(Paulo Coelho)

RESUMO

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

ANATOMIA DO LENHO DE ESPÉCIES DE EUPHORBIACEAE NATIVAS E CULTIVADAS NO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: ANELISE MARTA SIEGLOCH
ORIENTADOR: JOSÉ NEWTON CARDOSO MARCHIORI
Data e local da defesa: Santa Maria, 11 de fevereiro de 2014

A família Euphorbiaceae *sensu lato* distribui-se especialmente nos trópicos, nos mais variados tipos de vegetação e habitats, sendo uma das maiores, mais complexas e diversificadas famílias de Angiospermas. Recentemente, as Euphorbiaceae foram divididas em quatro famílias botânicas: Euphorbiaceae *sensu stricto*, Phyllanthaceae, Picrodendraceae e Putranjivaceae. O estudo visa a fornecer informações a respeito de caracteres anatômicos de valor taxonômico, aspectos ecológicos e filogenéticos das espécies e gêneros envolvidos, bem como a formar grupos de afinidades anatômicas, comparar as espécies, e contribuir com a literatura anatômica do Rio Grande do Sul, aumentando o rol de espécies descritas. Para a obtenção de lâminas de corte e de macerado utilizou-se respectivamente a técnica padrão (BURGER; RICHTER, 1991) e o método de Franklin modificado (KRAUS; ARDUIN, 1997). As amostras de madeira são provenientes da Xiloteca do Departamento de Ciências Florestais (UFSM). As descrições de sete espécies de Euphorbiaceae seguiram as recomendações do IAWA Committee (1989). Na análise de *Cluster* foram utilizadas as espécies descritas no presente estudo mais outras nove espécies de Euphorbiaceae e Phyllanthaceae, ocorrentes de forma natural no RS, descritas na literatura. Esta análise foi processada com a finalidade de agrupar e comparar as espécies. Dois grandes grupos foram reconhecidos: o primeiro representado por *Hieronyma alchorneoides*, e o segundo pelas demais espécies investigadas. As espécies mais similares entre si foram, de um lado, *Croton dracunculoides* e *Croton pycnocephalus*, e, de outro lado, as *Euphorbia tirucalli* e *Euphorbia cotinifolia*. O gênero *Sebastiania* mostrou-se heterogêneo, pois não formou grupos entre si.

Palavras-chave: Anatomia da Madeira, Análise de Agrupamento, Euphorbiaceae.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduation Program in Forest Engineering
Federal University of Santa Maria

WOOD ANATOMY OF EUPHORBIACEAE SPECIES NATIVES AND CULTURED IN RIO GRANDE DO SUL STATE

AUTHOR: ANELISE MARTA SIEGLOCH
ADVISOR: JOSÉ NEWTON CARDOSO MARCHIORI
Date and Place of Defense: February, 11th, 2014, Santa Maria.

The family Euphorbiaceae *sensu lato* is distributed specially in the tropics, in various types of vegetation and habitats, being one of the largest, most complex and diverse Angiosperm families. Recently, it was divided in four botanical families: Euphorbiaceae *sensu stricto*, Phyllanthaceae, Picrodendraceae and Putranjivaceae. The present study aims to provide important information about the anatomical characters of taxonomic, ecological and phylogenetic value to the species and genera involved, as well as recognize the affinity of anatomical groups, comparing the result to anatomical literature of Rio Grande do Sul state, increasing the list of described species. To obtain cutting blades and macerate, respectively was used in the standard technique (BURGER; RICHTER, 1991) and the method of Franklin modified (KRAUS; ARDUIN, 1997). The wood samples are from Departamento de Ciências Florestais (UFES). The descriptions of the seven species followed the IAWA Committee (1989). Cluster analysis on the species described in the present study over nine other species of Euphorbiaceae and Phyllanthaceae, occurring naturally in the Rio Grande do Sul state, described in the literature were used. This analysis was performed in order to collate and compare the species. Two major groups were recognized, the first one, represented by *Hieronyma alchorneoides*, and the other species investigated, the species most similar to each other were the *Croton dracunculoides* and *Croton pycnocephalus* and *Euphorbia tirucalli* and *Euphorbia cotinifolia*, the genus *Sebastiania* were very heterogeneous because groups together not formed.

Key words: Wood Anatomy, Cluster Analysis, Euphorbiaceae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Aspectos anatômicos do lenho de *Bernardia pulchella* Müll. Arg. A – Fibras gelatinosas e poros em múltiplos radiais e racemiformes (seção transversal). B – Poros em múltiplos radiais e racemiformes, parênquima axial paratraqueal-escasso e fibras de paredes finas a espessas (seção transversal). C – Raios heterogêneos com células quadradas no corpo central e células eretas nas margens (seção longitudinal radial). D – Elementos vasculares com placas de perfuração simples e espessamentos espiralados (seção longitudinal radial). E – Elementos vasculares com placas de perfurações perpendiculares e oblíquas, raios agregados, parênquimas axial paratraqueal-escasso e raios uni e multisseriados (seção longitudinal tangencial). F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, circulares ou ligeiramente poligonais e raios uni e bisseriados (seção longitudinal tangencial).41
- Figura 2 – Aspectos anatômicos do lenho de *Croton dracunculoides* Baill. A – Limite de anel de crescimento, porosidade difusa, poros em múltiplos radiais, racemiformes e solitários (seção transversal). B – Mesma seção, em maior aumento, destacando poros em múltiplos radiais e solitários, parênquima paratraqueal-escasso e fibras de paredes finas. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células eretas e quadradas, eventualmente procumbentes, além de células perfuradas de raio e elementos vasculares com placas de perfuração simples. D – Seção longitudinal radial, em maior aumento, mostrando pontoações raio-vasculares alternas, com aréolas distintas e parte de raio com células eretas e quadradas. E – Aspecto da seção longitudinal tangencial, com elementos vasculares, raios exclusivamente unisseriados, parênquima axial seriado e fibras. F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, circulares, raios unisseriados e fibras (seção longitudinal tangencial). 43
- Figura 3 – Aspectos anatômicos do lenho de *Croton pycnocephalus* Baill. A – Seção transversal, mostrando porosidade difusa, poros em múltiplos radiais, menos comumente racemiformes e solitários, e fibras gelatinosas em faixas concêntricas. B – Mesma seção, em maior aumento. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células eretas e quadradas, eventualmente procumbentes, e pontoações raio-vasculares areoladas, alternas. D – Mesma seção, destacando células perfuradas de raio e parte de raio com células de paredes disjuntas. E – Aspecto geral da seção longitudinal tangencial, com elementos vasculares, raios unisseriados, parênquima axial seriado e fibras. F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, circulares, raios unisseriados e fibras (seção longitudinal tangencial). 45
- Figura 4 – Aspectos anatômicos do lenho *Euphorbia cotinifolia* L. A – Poros em múltiplos radiais, e solitários, parênquima axial apotraqueal difuso, apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (seção tangencial). B – Limite do anel de crescimento, poros múltiplos radiais, solitários, parênquima axial e fibras gelatinosas (seção tangencial). C – Raio com células curtamente procumbentes e células

marginais quadradas e/ou eretas (seção longitudinal radial). D – Parte de raios com células eretas e pontoações raio-vasculares opostas e estendidas tendentes a escalariformes (seção longitudinal radial). E – Elementos vasculares, fibras libriformes, raios uni e bisseriados e canal radial (seção longitudinal tangencial). F – Elemento vascular com pontoações intervasculares alternas, raios uni e bisseriados e fibras libriformes (seção longitudinal radial)..... 47

Figura 5 – Aspectos anatômicos do lenho de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch. A – Poros em múltiplos radiais e racemiformes, parênquima axial apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados, paratraqueal-vasicêntrico e vasicêntrico incompleto (seção tangencial). B – Limite do anel de crescimento, poros em múltiplos radiais e parênquima axial (seção transversal). C – Raios heterocelulares, com canais radiais e células curto procumbentes alternadas com células eretas e quadradas (seção longitudinal radial). D – Fibras libriformes, parênquima axial paratraqueal vasicêntrico, célula perfurada de raio e pontoações intervasculares alternas (seção longitudinal tangencial). E – Elementos vasculares com placas de perfuração perpendiculares e oblíquas e raios uni a trisseriados (seção longitudinal tangencial). F – Fibras libriformes, parênquima axial seriado, raios uni a trisseriados (seção longitudinal tangencial)..... 49

Figura 6 – Aspectos anatômicos do lenho de *Euphorbia tirucalli* Thunb. A – Poros em múltiplos radiais e solitários, parênquima axial apotraqueal difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (seção transversal). B – Limite do anel de crescimento, com fibras achatadas, poros em múltiplos radiais e solitários e parênquima axial (seção transversal). C – Raio heterogêneo com células curtamente procumbentes alternadas com células eretas e quadradas (seção longitudinal radial). D – Parte de raio com pontoações simples, alternas, por vezes opostas e radialmente estendidas (seção longitudinal radial) E – Canais radiais e raios uni e bisseriados (seção longitudinal tangencial). F – Canal radial, fibras libriformes e raios unisseriados (seção longitudinal tangencial)..... 52

Figura 7 – Aspectos anatômicos do lenho de *Sapium haemospermum* Müll. Arg. A – Seção transversal, mostrando poros solitários, em múltiplos racemiformes, e parênquima apotraqueal difuso-em-agregados. B – Mesma seção, destacando poros em curtos múltiplos radiais, parênquima apotraqueal difuso-em-agregados e fibras de paredes finas. C – Raio heterogêneo, com células procumbentes no corpo central e células eretas e quadradas nas margens, eventualmente com cristais (seção longitudinal radial). D – Seção longitudinal radial, mostrando placas de perfuração simples e pontoações raio-vasculares estendidas, opostas. E – Raios uni e bisseriados e parênquima axial em séries. F – Vasos com pontoações intervasculares poligonais, alternas, e raios unisseriados (seção longitudinal tangencial)..... 54

Figura 8 – Porosidade difusa das espécies descritas em seção transversal. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com anéis de crescimento indistintos. B – *Croton dracunculoides* Baill. com anéis de crescimento distintos. C – *Croton pycnocephalus* Baill. com anéis de crescimento indistintos. D – *Euphorbia cotinifolia* L. com anéis de crescimento fracamente distintos. E – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch.

com anéis de crescimento distintos. F – <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb. com anéis de crescimento distintos.....	56
Figura 9 – Frequência média de poros (poros/mm ²) das espécies descritas.....	59
Figura 10 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do diâmetro de vasos das espécies descritas em micrômetros (µm).....	59
Figura 11 – Diâmetro médio das pontoações intervasculares em micrômetros (µm) das espécies descritas.....	61
Figura 12 – Pontoações raio-vasculares das espécies descritas em seção longitudinal radial. A – <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg. com pontoações areoladas alternas, por vezes, alongadas. B – <i>Croton dracunculoides</i> Baill. com pontoações areoladas, pequenas. C – <i>Croton pycnocephalus</i> Baill. com pontoações areoladas, pequenas. D – <i>Euphorbia cotinifolia</i> L. com pontoações aparentemente simples, alternas, por vezes, opostas e horizontalmente alongadas. E – <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch com pontoações aparentemente simples, alternas, por vezes, opostas e horizontalmente estendidas. F – <i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg. com pontoações aparentemente simples, alternas, tendentes a opostas, por vezes, alongadas.....	62
Figura 13 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do comprimento de vasos das espécies descritas em micrômetros (µm).....	63
Figura 14 – Elementos de vaso das espécies descritas (macerado). A, B, C – <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg. com espessamentos espiralados e placas de perfuração simples. D – <i>Croton dracunculoides</i> Baill. com placas de perfuração simples e apêndices curtos a longos. E – <i>Croton pycnocephalus</i> Baill. com placas de perfuração simples e apêndices F – <i>Euphorbia cotinifolia</i> L. com placas de perfuração simples. G – <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch. com placas de perfuração simples. H – <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb. com placas de perfuração simples. I – <i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg. com placas de perfuração simples.....	64
Figura 15 – Fração média de poros das espécies descritas (%).....	66
Figura 16 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do parênquima axial em micrômetros (µm) das espécies descritas.....	67
Figura 17 – Fração média de parênquima axial das espécies descritas (%).....	68
Figura 18 – Parênquima axial das espécies descritas em seção transversal. A – <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg. com parênquima paratraqueal-escasso. B – <i>Croton dracunculoides</i> Baill. com parênquima paratraqueal-escasso. C – <i>Croton pycnocephalus</i> Baill. com parênquima paratraqueal-escasso. D – <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch com parênquima apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados, paratraqueal-vasicêntrico e vasicêntrico incompleto. E – <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb. com parênquima apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso. F – <i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg. com parênquima apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso.....	69
Figura 19 – Fração média de raios das espécies descritas (%).....	70
Figura 20 – Raios das espécies descritas em seção longitudinal radial. A – <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg. com células quadradas e eretas. B – <i>Croton dracunculoides</i> Baill. com células quadradas e eretas, eventualmente procumbentes. C – <i>Euphorbia cotinifolia</i> L. com células curtamente procumbentes, na parte multisseriados, em	

	alternância com células quadradas e eretas. D – <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch. com células quadradas e eretas, em alternância com células curto-procumbentes e canais radiais. E – <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb. com células eretas, quadradas e procumbentes alternadas e canal radial. F – <i>Sapium haemospermum</i> Müll. Arg. com células procumbentes no corpo central e células eretas e quadradas nas margens.	71
Figura 21 – Raios das espécies descritas em seção longitudinal tangencial. A – <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg. com raios agregados, uni a trisseriados. B – <i>Croton dracunculoides</i> Baill. com raios unisseriados. C – <i>Euphorbia cotinifolia</i> L. com raios uni a trisseriados e laticíferos. D – <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch com raios uni a trisseriados. E – <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb. com raios unisseriados e laticíferos. F – <i>Sapium haemospermum</i> Müll. Arg. com raios uni e bisseriados.	72	
Figura 22 – Frequência média de raios (raios/mm) das espécies descritas.	73	
Figura 23 – Valores discrepantes, mínimos, médios e quartis da altura de raios unisseriados e multisseriados (quando presentes) das espécies descritas. B.pul.ra.mul = <i>Bernardia pulchella</i> raios multisseriados. B.pul.ra.uni = <i>Bernardia pulchella</i> raios unisseriados. C.drac.ra.uni = <i>Croton dracunculoides</i> raios unisseriados. C.pyc.ra.uni = <i>Croton pycnocephalus</i> raios unisseriados. E.cot.ra.mul = <i>Euphorbia cotinifolia</i> raios multisseriados. E.cot.ra.uni = <i>Euphorbia cotinifolia</i> raios unisseriados. E.pul.ra.mul = <i>Euphorbia pulcherrima</i> raios multisseriados. E.pul.ra.uni = <i>Euphorbia pulcherrima</i> raios unisseriados. E.tir.ra.uni = <i>Euphorbia tirucalli</i> raios unisseriados. S.hae.ra.uni = <i>Sapium haemospermum</i> raios unisseriados.	74	
Figura 24 – Fração média de fibras das espécies descritas (%).	75	
Figura 25 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do comprimento de fibras das espécies descritas em micrômetros (µm).	76	
Figura 26 – Fibras em macerado das espécies descritas. A – <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg. com fibras libriformes de tamanho médio. B – <i>Croton dracunculoides</i> Baill. com fibrotraqueídeos curtos. C – <i>Croton pycnocephalus</i> Baill. com fibrotraqueídeos curtos. D – <i>Euphorbia cotinifolia</i> L. com fibras libriformes curtas. E – <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch. com fibras libriformes de tamanho médio. F – <i>Sapium haemospermum</i> Müll. Arg. com fibras libriformes de tamanho médio.	77	
Figura 27 – Dendrograma de agrupamento das espécies estudadas, utilizando-se a distância de Jaccard e o método UPGMA. 1 – <i>Alchornea triplinervia</i> ; 2 – <i>Bernardia pulchella</i> ; 3 – <i>Colliguaya brasiliensis</i> ; 4 – <i>Croton dracunculoides</i> ; 5 – <i>Croton pycnocephalus</i> ; 6 – <i>Euphorbia cotinifolia</i> ; 7 – <i>Euphorbia pulcherrima</i> ; 8 – <i>Euphorbia tirucalli</i> ; 9 – <i>Actinostemon concolor</i> ; 10 – <i>Hieronyma alchorneoides</i> ; 11 – <i>Phyllanthus sellowianus</i> ; 12 – <i>Sapium glandulosum</i> ; 13 – <i>Sapium haemospermum</i> ; 14 – <i>Sebastiania brasiliensis</i> ; 15 – <i>Sebastiania commersoniana</i> ; 16 – <i>Sebastiania schottiana</i>	82	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Hábito, número de registro na Xiloteca e municípios de coleta das espécies descritas.....	34
Tabela 2. Espécies utilizadas na análise de agrupamento com as respectivas famílias e subfamílias.....	37
Tabela 3. Espécies e caracteres anatômicos utilizados na análise de agrupamento.	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Caracterização da família Euphorbiaceae	17
3.1.1 Caracterização dos gêneros e espécies descritas.....	19
3.2 Anatomia da madeira	21
3.2.1 Taxonomia e identificação	21
3.2.2. Filogenia.....	22
3.2.3 Anatomia ecológica.....	24
3.2.4 Anatomia do lenho das Euphorbiaceae.....	25
3.3 Análise multivariada.....	28
3.3.1 Análise de agrupamento.....	30
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1 Espécies descritas	34
4.2 Microtécnica.....	35
4.3 Fotomicrografias	35
4.4 Descrição dos lenhos	36
4.5 Análise de agrupamento	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1 Descrição dos lenhos	40
5.1.1 <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg.	40
5.1.2 <i>Croton dracunculoides</i> Baill.	42
5.1.3 <i>Croton pycnocephalus</i> Baill.	44
5.1.4 <i>Euphorbia cotinifolia</i> L.....	46
5.1.5 <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch.....	48
5.1.6 <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb.	51
5.1.7 <i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg.	53
5.2 Análise da estrutura do lenho das espécies descritas.....	55
5.2.1 Anéis de crescimento e porosidade.....	55
5.2.1 Vasos	58
5.2.2 Parênquima axial.....	66
5.2.3 Raios.....	70
5.2.4 Fibras.....	75
5.3 Análise de agrupamento	78
5.4 Chave Dicotômica.....	84
6 CONCLUSÃO	86
BIBLIOGRAFIA	88

1 INTRODUÇÃO

O estudo da anatomia de madeiras destina-se ao conhecimento dos tipos celulares que constituem o xilema secundário, suas funções, organização e peculiaridades estruturais. Este tipo de investigação tem comprovado sua importância para a compreensão das adaptações do vegetal ao ambiente, para a solução de problemas taxonômicos, para o auxílio à identificação botânica em inventários florestais, para o subsídio à tecnologia da madeira e à dendrocronologia, para a identificação de restos paleobotânicos e para a comprovação de adulterações ou fraudes de espécies comercializadas ou ameaçadas de extinção. Do ponto de vista evolutivo, ainda, a anatomia também contribui para estudos filogenéticos.

Há pelo menos 150 anos, a estrutura interna de plantas tem sido empregada com finalidade sistemática. Bailey (1944, 1951, 1957), entre outros anatomistas da madeira, consideram a existência de diferentes tipos de xilema como estágios intermediários da evolução dos elementos de vaso, iniciando com traqueídes longos e estreitos, seguidos por placas de perfuração escalariformes oblíquas e, finalmente, por elementos de vaso curtos e largos, com placas de perfuração simples.

Os primeiros sistemas de classificação filogenética surgiram logo após a difusão de ideias sobre evolução, postuladas por Darwin, em 1859, em a “Origem das Espécies”. Engler, ao final do século XIX, mostra clara preocupação em organizar as espécies de acordo com o grau de evolução e parentesco. O sistema de classificação filogenético, já na segunda metade do século XX, ganhou uma nova dimensão a partir do surgimento da cladística, que proporcionou uma revolução nos conceitos e na forma de análise (SOUZA; LORENZI, 2012).

Apesar de os métodos filogenéticos serem bastante disseminados, nem todos os taxonomistas os utilizam. Alguns sistematas postulam que, ao longo da evolução, eventos de paralelismo e reversão foram tão comuns que os detalhes da história evolutiva nunca serão decifrados. Desta ideia surgiu a escola de sistematas conhecida como fenética, a qual defende que a melhor classificação para os organismos seria realizada por meio de sua similaridade geral (JUDD et al., 2009).

O desenvolvimento de métodos fenéticos (análise multivariada) foi um importante prelúdio para a aceitação e o uso das abordagens filogenéticas. As classificações produzidas por estes métodos, no entanto, são úteis para a identificação e a localização de informações,

mas não foram desenvolvidas com o objetivo de recuperar informações evolutivas, em virtude da não distinção entre sinapomorfias e evolução paralela ou convergente (JUDD et al., 2009).

A família Euphorbiaceae *sensu lato* distribui-se especialmente nos trópicos, nos mais variados tipos de vegetação e habitats, sendo uma das maiores, mais complexas e diversificadas das Angiospermas. A família foi estudada por diversos taxonomistas, dentre eles, Jussieu (1824), Baillon (1858), Mueller (1873), Bentham (1878, 1880), Pax e Hoffmann (1914, 1931), Jablonski (1967), Hutchinson (1969), com significativas contribuições feitas por Webster (1975, 1987, 1994). Atualmente, segundo APG II (2003), Wurdack et al. (2004, 2005) e APG III (2009), ela foi dividida em quatro famílias botânicas: Euphorbiaceae *sensu stricto*, Phyllanthaceae, Putranjivaceae e Picrodendraceae.

O estudo anatômico de sete espécies da família Euphorbiaceae visa a identificar caracteres anatômicos de valor taxonômico, ecológico e filogenético das espécies e gêneros envolvidos, bem como a reconhecer grupos de afinidades anatômicas.

2 OBJETIVOS

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida com vistas nos seguintes objetivos:

- ▶ Realizar uma descrição detalhada da estrutura microscópica do xilema secundário das seguintes espécies de Euphorbiaceae nativas e cultivadas no Rio Grande do Sul: *Bernardia pulchella* Müll. Arg., *Croton dracunculoides* Baill., *Croton pycnocephalus* Baill., *Euphorbia cotinifolia* L., *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch., *Euphorbia tirucalli* Thunb., e *Sapium haematospermum* Müll. Arg.;
- ▶ Investigar caracteres anatômicos de valor taxonômico para a identificação, aspectos ecológicos e filogenéticos das espécies e gêneros descritos;
- ▶ Verificar a formação de grupos, mediante a dissimilaridade (similaridade) das espécies descritas, com o aporte de referências da literatura;
- ▶ Elaborar uma chave dicotômica para identificação das espécies envolvidas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caracterização da família Euphorbiaceae

A família Euphorbiaceae apresenta hábitos extraordinariamente variados, incluindo ervas, arbustos, árvores e lianas, geralmente com látex branco e por vezes espinescentes, de aspecto áfilo, à semelhança de Cactáceas (SCHULTZ, 1943; JUDD et al., 2009; SOUZA; LORENZI, 2012).

Reconhecida, tradicionalmente, como agrupamento heterogêneo e com relações filogenéticas ainda não definitivamente compreendidas, o estudo da estrutura genética de diversos gêneros da família levou, recentemente, ao reconhecimento de quatro grandes grupos na mesma, os quais coincidem, em boa parte, com as delimitações clássicas de algumas subfamílias, propostas por Webster (1994). Foi com base nestas evidências que o APG II (2003) segregou as antigas Euphorbiaceae em quatro famílias botânicas: Euphorbiaceae, Phyllanthaceae, Picrodendraceae e Putranjivaceae, atualmente mantidas pelo APG III (2009).

As Euphorbiaceae, em sua delimitação restrita, apresentam um único óvulo por lóculo, flores unissexuais, estiletes mais ou menos divididos e frutos esquizocárpicos (JUDD et al., 2009). De acordo com Wurdack et al. (2005) permanecem nesta família pelo menos três subfamílias: Acalyphoideae, com plantas carentes de látex; Crotonoideae e Euphorbioideae, com plantas latexcentes. Destas, as Crotonoideae apresentam pólen caracteristicamente poliporado, pelos frequentemente estrelados, peltados ou ramificados, bem como látex branco, colorido, não cáustico. As Euphorbioideae, por sua vez, apresentam pólen tricolporado, pelos simples e látex branco, frequentemente cáustico (JUDD et al., 2009).

As espécies biovuladas passaram a fazer parte das atuais famílias Phyllanthaceae (ausência de látex e nectários extraflorais nas folhas, e sementes sem carúncula), Picrodendraceae (sementes geralmente com carúncula) e Putranjivaceae (fruto do tipo drupa) (SOUZA; LORENZI, 2012).

Na atualidade, a família Euphorbiaceae compreende cerca de 220 gêneros e 6.100 espécies (JUDD et al., 2009). De origem Pantropical, apresenta ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (BARROSO, 1991; MARCHIORI, 2000; JUDD et al., 2009) e reúne espécies de grande importância econômica, tais como: *Hevea brasiliensis*

(seringueira), fonte natural de borracha e madeira; *Aleurites molucana* e *A. fordii*, fontes de óleos; *Sapium sebiferum*, fonte de cera e gordura; as *Euphorbia*, fontes de hidrocarbonetos; *Manihot esculenta* (mandioca), fonte de amido. Também inclui diversas espécies utilizadas como ornamentais, por terem folhagem e brácteas vistosas, coloridas, utilizadas como cerca viva: *Euphorbia pulcherrima* (poinsetia), *Euphorbia millii* (coroa-de-cristo), *Codiaeum variegatum* (cróton), as *Acalypha* entre outras (JUDD et al., 2009; SOUZA; LORENZI, 2012); além de muitas outras plantas estudadas pela farmacognosia.

No Brasil, esta família é muito comum nas formações florestais, com cerca de 300 gêneros e 1000 espécies; o gênero *Croton* se distribui particularmente em quase todos os ecossistemas, com destaque para *Croton urucurana*, típico das floretas ciliares; e *Alchornea triplinervea*, espécie polimórfica, de ampla distribuição em quase todas as formações naturais. Outros gêneros comuns são *Sebastiania*, *Sapium* e *Actinostemon* (SOUZA; LORENZI, 2012).

Com distribuição Pantropical, as Phyllanthaceae possuem cerca de 60 gêneros e 1800 espécies. É a segunda família pós-divisão, dentre as Euphorbiaceae *lato sensu* mais bem representadas no Brasil, com 13 gêneros e 100 espécies. As mais comuns são: *Phyllanthus* – popularmente conhecida como quebra-pedra, muito utilizada na medicina popular; a guaraiúva (*Savia dictyocarpa*) – relativamente comum nas florestas estacionais; e a iricucurana (*Hieronyma alchorneoides*) – na porção sul da Mata Atlântica (SOUZA; LORENZI, 2012).

As Picrodendraceae, com distribuição Pantropical, possuem cerca de 30 gêneros e 100 espécies. No Brasil ocorrem dois gêneros e quatro espécies. Os gêneros *Piranhea* e *Podocalyx* são comuns na região amazônica (SOUZA; LORENZI, 2012).

As Putranjivaceae, de distribuição Paleotropical, incluem três gêneros e cerca de 200 espécies, com apenas três espécies de *Drypetes*, na Amazônia e na Mata Atlântica do Nordeste brasileiro (SOUZA; LORENZI, 2012).

Na flora arbórea sul-riograndense, no entanto, são encontrados apenas representantes das famílias Euphorbiaceae e Phyllanthaceae. Segundo Sobral et al. (2012), a primeira é representada por 11 gêneros arbóreos ou arbustivos (*Alchornea*, *Actinostemon*, *Bernardia*, *Croton*, *Manihot*, *Pachystroma*, *Pausandra*, *Sapium*, *Sebastiania*, *Stillingia*, *Tetrorchidium*) e a segunda por apenas três gêneros *Hieronyma*, *Margaritaria* e *Phyllanthus*.

3.1.1 Caracterização dos gêneros e espécies descritas

Composto por aproximadamente 40 espécies de distribuição Neotropical, o gênero *Bernardia* P. Browne ocorre desde a Califórnia e México até o centro da Argentina (BACIGALUPO, 2005). No Rio Grande do Sul encontram-se 4 espécies nativas (RAMBO, 1960), das quais apenas *Bernardia pulchella* Müll. Arg. é planta lenhosa.

Arbusto de até 3 m de altura, *Bernardia pulchella* ocorre naturalmente na região de Minas Gerais ao Paraguai, bem como no nordeste da Argentina e Rio Grande do Sul, habitando, neste Estado, o interior e a orla das florestas Latifoliada e com Araucária (RAMBO, 1960). O pequeno porte do tronco limita a utilização de seu lenho.

Pantropical, o gênero *Croton* L. abrange cerca de 600-700 espécies (DIMITRI, 1980) distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios, notadamente no continente americano (BACIGALUPO, 2005). No Rio Grande do Sul, Allem (1978) refere 38 espécies nativas, incluindo *Croton dracunculoides* Baill. e *C. pycnocephalus* Baill., presentes neste estudo anatômico.

Arbusto dióico de até 1,5 m de altura, *Croton dracunculoides* habita tanto solos arenosos como rochosos, no sudeste e sudoeste do Rio Grande do Sul, alcançando, provavelmente, o Uruguai (ALLEM, 1978). O lenho, desconhecido anatomicamente, carece de utilização conhecida.

Arbusto de até 2 m de altura, *Croton pycnocephalus* habita solos arenosos, em capoeiras e campos rupestres, no nordeste do Rio Grande do Sul, alcançando a Argentina e, provavelmente, o Uruguai e Paraguai (ALLEM, 1978). Muito característico é o denso indumento dourado nas partes vegetativas da planta. O lenho carece de investigação científica.

Gênero cosmopolita, *Euphorbia* L. compreende cerca de 1600 espécies, distribuídas nas regiões temperado-quentes do mundo (BACIGALUPO, 2005). No Rio Grande do Sul, ocorrem 16 espécies nativas (RAMBO, 1960), notadamente de ervas e arbustos. Foram escolhidas para estudo três espécies exóticas, de cultivo frequente no Estado: *Euphorbia cotinifolia* L., *E. pulcherrima* Willd. ex Klotzch e *E. tirucalli* Thunb.

Arbusto grande, lenhoso e latescente, *Euphorbia cotinifolia* é nativa da América Central e do norte da América do Sul (LORENZI; SOUZA, 2008). De efeito ornamental, sobretudo pelas folhas vermelho-escuras, a espécie é popularmente conhecida pelos nomes de leiteiro-vermelho, aiapana, caracasana e barrabás, sendo cultivada a pleno sol como planta

isolada, em renques ou grupos. Indivíduos adultos chegam a atingir 10 m de altura (ALLEM; IRGANG, 1975).

Euphorbia pulcherrima, a popular poinsettia, ou bico-de-papagaio, é arbusto semi-lenhoso de 2 a 3 m de altura, originário do sudoeste do México (ALLEM; IRGANG, 1975). No Brasil, a espécie é frequentemente cultivada como planta ornamental, pelas vistosas brácteas vermelhas no ápice dos ramos, dispostas em torno de pequenas flores amarelas (SOUZA; LORENZI, 2008).

Árvore pequena, *Euphorbia tirucalli* é originária do leste da África e Índias orientais. No Brasil, foi introduzida como planta de jardim e para a produção de lenha no semi-árido nordestino, onde se tornou invasora. Conhecida pelos nomes de aveloz, dedo-de-cão e árvore-de-coral, a planta não floresce no sul do Brasil (SMITH et al., 1959) e deve o aspecto cactiforme às folhas prontamente caducas. A madeira serve para moirões, esteios e lenha. O látex é considerado venenoso por alguns autores (CORRÊA, 1984).

Pantropical, o gênero *Sapium* P. Browne compreende 125 espécies, aproximadamente, em sua maioria americanas (BACIGALUPO, 2005). Das duas espécies nativas no Rio Grande do Sul (ALVAREZ FILHO, 1977), *Sapium haemospermum* Müll. Arg. foi selecionada para o presente estudo.

Sapium haemospermum, o popular curupi ou pau-de-leite, é nativo na área que se estende de Mato-Grosso, Goiás e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 1998), ocorrendo, ainda, no Paraguai, Argentina e Uruguai (BILONI, 1990; POMPERT, 1989). No Rio Grande do Sul, encontra-se no Planalto Médio, Depressão Central, Serra do Sudeste e, principalmente, na Campanha do Sudeste, habitando campos de solos arenosos ou superficiais (MARCHIORI, 2000). A madeira, branca e macia, é muito susceptível a deterioração, motivo pelo qual não é usada em construções, servindo, todavia, para caixotaria leve, lenha e carvão (LORENZI, 1992). O aspecto ornamental da árvore recomenda seu cultivo em áreas amplas, tais como em parques.

3.2 Anatomia da madeira

A anatomia da madeira se refere ao estudo dos diversos tipos celulares que constituem o lenho (xilema secundário), suas funções, organizações e peculiaridades estruturais. Tem como objetivos práticos conhecer a madeira, visando ao emprego correto, à identificação das espécies, à distinção de madeiras aparentemente idênticas, à predição de utilizações adequadas e do comportamento da madeira em uso (BURGER; RICHTER, 1991). Os estudos anatômicos também proporcionaram importantes subsídios à Taxonomia, Filogenia e Ecologia.

3.2.1 Taxonomia e identificação

Os caracteres anatômicos são utilizados de longa data na solução de problemas taxonômicos. De Candolle (1818) valeu-se da presença ou ausência de vasos para a classificação taxonômica. Diversos autores têm reconhecido o valor dos caracteres anatômicos e os têm empregado sistematicamente em estudos comparativos (BAILEY, 1933; METCALFE; CHALK, 1957). Cronquist (1968), Thorne (1976), Dahlgren (1980) e Takhtajan (1980) também utilizaram caracteres anatômicos da madeira com significado taxonômico.

De acordo com Metcalfe e Chalk (1957), o estudo das estruturas anatômicas dos vegetais permite o conhecimento das relações entre famílias botânicas e auxilia no estabelecimento de afinidades entre espécies e grupos infraespecíficos. Para estes autores, no entanto, uma característica anatômica de valor diagnóstico para uma família não tem, obrigatoriamente, o mesmo valor para outra.

Para Dadswell (1939), a anatomia da madeira pode ser de grande auxílio na classificação de alguns gêneros botanicamente incertos, no estudo do arranjo interno de famílias e na determinação de prováveis famílias botânicas incertas. De acordo com Metcalfe e Chalk (1972), a identificação de restos paleobotânicos é suficiente para justificar o uso de métodos anatômicos em pesquisas botânicas.

Vestal (1940) e Marchiori (1990) recomendam que a anatomia sistemática, uma vez que apresenta reduzido número de caracteres em relação à Taxonomia Botânica, pode ser

utilizada de forma mais adequada como complemento das classificações naturais, aumentando o número de caracteres para comparações.

Para Bailey (1944), a utilização efetiva da anatomia da madeira na classificação e identificação das espécies arbóreas requer que suas informações sejam analisadas e interpretadas em termos diagnósticos seguros e com significado taxonômico.

Em identificação de madeiras, é essencial discriminar, dentre os caracteres anatômicos, aqueles que são relativamente constantes e os que são passíveis de variação sob diferentes condições de crescimento. Segundo Rendle (1944), é necessária uma considerável experiência para reconhecer caracteres de valor diagnóstico em uma madeira e defini-los como típico de uma família, gênero ou espécie.

Algumas características, como frequência de poros, comprimento de elementos vasculares e fração de parênquima axial podem ser marcadamente influenciadas pelo meio ambiente. O diâmetro de vasos, apesar de variar segundo a posição na árvore e as condições de crescimento, é frequentemente considerado importante para a identificação (METCALFE; CHALK, 1972).

Nos raios, de acordo com Metcalfe e Chalk (1972) o caráter de maior utilidade é a largura, tanto em dimensão linear como em número de células. A altura pode também ter valor, principalmente se os mesmos forem ou muito altos ou muito baixos. A presença de raios unisseriados é de grande utilidade, podendo auxiliar na distinção de gêneros e espécies, principalmente se esta característica tiver ocorrência esporádica no grupo em questão.

Para Titmuss (1948), o comprimento de elementos vasculares, porosidade difusa ou em anel, vasos em múltiplos radiais ou solitários, presença ou ausência de canais intercelulares e tilos, tipos de parênquima axial e presença de estratificação, também constituem importantes caracteres para a identificação de madeiras.

3.2.2. Filogenia

A tendência evolutiva de traqueóides para elementos vasculares constitui-se na mais confiável ferramenta para estudo da filogenia, por ser fortemente unidirecional e irreversível (HEYWOOD, 1970). Segundo Carlquist (1961), o xilema secundário apresenta claras tendências evolutivas, sobretudo em relação aos elementos de vaso. A colonização do meio

terrestre pelos vegetais provocou o desenvolvimento de estruturas especializadas em condução de água e de estruturas de sustentação (METCALFE; CHALK, 1983).

A maioria dos elementos de vaso altamente especializados são curtos e de maiores diâmetros, os poros tendem a ser ovais ou circulares, contrastando com os tipos mais primitivos – longos. Apêndices longos também atestam certa primitividade em relação aos de paredes terminais transversais (METCALFE; CHALK, 1972; DICKISON, 1975; BAAS, 1982).

O tipo de placa de perfuração pode ser considerado mais conveniente na especialização do que o comprimento dos elementos vasculares (METCALFE; CHALK, 1972). As placas de perfurações evoluíram, segundo Chalk (1933), dos tipos escalariformes com numerosas barras, para o tipo reticulado, chegando ao tipo de placas de perfurações simples. Em relação às pontoações intervasculares, a ordem filogenética se deu a partir dos tipos escalariformes, passando de opostas a alternas (BAILEY; TUPPER, 1918; FROST, 1930; BAILEY, 1957; EAMES, 1961).

Para Dickison (1975), também são importantes tendências de evolução em elementos de vaso a variação no ângulo da placa de perfuração de fortemente oblíqua a transversal, o aumento no diâmetro de poros e a mudança na distribuição de poros, de solitários a grandes agrupamentos.

No desenvolvimento filogenético das fibras, de acordo com Bailey e Tupper (1918), a evolução deu-se de traqueídeos a fibrotraqueídeos e de fibrotraqueídeos às fibras libríformes.

O parênquima apotraqueal difuso foi considerado por Kribs (1935) mais primitivo que os arranjos agregados, em faixas apotraqueais, e que os vários tipos de paratraqueais. Nesse sentido, Chalk (1937) afirma que o parênquima axial paratraqueal é característica de madeira altamente especializada.

Quanto aos raios, a sequência evolutiva defendida por Kribs (1935) é de raios heterogêneos para raios homogêneos. Para Barghoorn (1940), as tendências evolutivas especialmente significativas são a redução na largura e altura dos raios. A transformação de células eretas em procumbentes, segundo Cozzo (1951), Bailey (1957) e Metcalfe e Chalk (1972) resultou numa estrutura mais homogênea e estratificada, que reflete o mais alto grau de especialização dos raios.

3.2.3 Anatomia ecológica

A estrutura da madeira reflete, ainda, a influência de fatores do meio em que a planta cresce, ligados notadamente à situação geográfica e disponibilidade de água. O estudo destes aspectos na xilogenese e hábito da planta tem atraído crescentemente a atenção dos anatomistas e fornecido importantes contribuições para o conhecimento da diversidade vegetal e das estratégias adaptativas que garantem a sobrevivência das plantas (MARCHIORI, 1990).

A conexão entre estrutura do xilema, sua função ecológica e os principais fatores envolvidos neste processo se relaciona à adaptação do xilema ao grau de disponibilidade de água e taxa transpiratória, à oscilação sazonal desta disponibilidade, e a requisitos de reforço mecânico (CARLQUIST, 1988). A influência do meio manifesta-se nas qualidades e propriedades da madeira, e pode intensificar, ou mesmo reverter tendências filogenéticas estabelecidas para determinadas espécies (GRAAF; BAAS, 1974).

A xeromorfia encontra-se correlacionada com elementos vasculares mais estreitos e mais curtos, com agrupamentos de poros mais numerosos, raios mais baixos e elementos imperfurados mais curtos (CARLQUIST, 1966, 1969, 1970, 1971). Webber (1936) observou que arbustos do deserto e chaparral do sul da Califórnia apresentam elementos vasculares muito mais curtos e estreitos do que a maioria das dicotiledôneas.

A redução no comprimento de elementos vasculares tem importância adaptativa por aumentar a resistência estrutural dos mesmos a fortes pressões negativas nas colunas de água do xilema (CARLQUIST, 1975; CARLQUIST; HOEKMAN, 1985). Vasos estreitos são mais seguros, desde que em maior número, pois proporcionam rotas adjacentes para condução da água, em caso de embolismos (ZIMMERMANN, 1982).

Segundo Baas et al. (1983), o comprimento dos elementos vasculares diminui de vegetações méxicas a xéricas e, dentro de floras méxicas, da região tropical a temperada fria, ou latitudes árticas. O aumento da latitude ocasiona uma miniaturização das estruturas do xilema secundário, com a produção de elementos vasculares mais curtos e estreitos, fibras mais curtas e algumas vezes mais estreitas, raios mais baixos, além de aumento na frequência de vasos e na presença de espessamentos espiralados em suas paredes (GRAAF; BAAS, 1974).

Elementos vasculares curtos e de grandes diâmetros são característicos de lianas (AYENSU; STERN, 1964; CARLQUIST, 1975; VLIET, 1979). De acordo com Carlquist

(1991), lianas possuem estrutura anatômica muito peculiar e com características geralmente semelhantes, relacionadas ao hábito trepador, incluindo-se a presença de variações cambiais, de elementos de vaso de grande diâmetro, de diferentes classes de tamanho de vasos, de grande quantidade de parênquima e de pequena proporção de fibras.

As fibras septadas, de acordo com Fahn e Leshem (1963) ocorrem principalmente em arbustos e subarbustos, que geralmente representam a vegetação lenhosa de habitats desfavoráveis, podendo ter valor adaptativo. Placas de perfurações escalariformes, porosidade em anel e vasos exclusivamente solitários são mais comuns em árvores do que em arbustos e arbustos anões. A ocorrência de diferentes classes de diâmetro nos vasos e a presença de traqueídeos vasculares seguem uma tendência inversa (BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987). Baas et al. (1983) verificaram que o comprimento dos elementos vasculares é menor em arbustos do que em árvores e diminui de vegetações méxicas para xéricas.

3.2.4 Anatomia do lenho das Euphorbiaceae

Cabe ressaltar, de início, que Metcalfe e Chalk (1972) distinguiram na antiga família Euphorbiaceae as subfamílias Crotonoideae e Phyllanthoideae, com dois grupos na última.

O grupo “A” das Phyllanthoideae, designado “Tipo *Aparosa*”, foi identificado com base nos seguintes caracteres: placa de perfuração geralmente escalariforme; pontuações intervasculares pequenas e diminutas; pontuações raio-vasculares grandes e alongadas; elementos vasculares de comprimento médio a muito longos; parênquima abundante, difuso, com séries de 8-16 células; raios de dois tamanhos distintos, com até 4-17 células de largura e alguns milímetros de altura; raios marcadamente heterogêneos, frequentemente com mais de 10 fileiras marginais de células eretas; e fibras muito longas, de paredes espessas e pontuações simples (METCALFE; CHALK, 1972).

O grupo “B” das Phyllanthoideae, designado “Tipo *Glochidion*”, foi determinado pelos seguintes detalhes anatômicos: placas de perfuração simples; pontuações intervasculares diminutas a grandes; pontuações raio-vasculares grandes e alongadas ou pequenas e arredondadas; elementos vasculares de comprimento médio a moderadamente longos; raios, por vezes, de dois tamanhos distintos, com até 11 células de largura e 2 mm de altura; raios heterogêneos, com 10 ou mais fileiras marginais de células eretas; e fibras septadas de paredes

finas a moderadamente espessas e comprimento médio a moderadamente longo (METCALFE; CHALK, 1972).

Para as Crotonoideae, subfamília que inclui o gênero *Bernardia*, *Croton*, *Euphorbia*, *Sapium*, entre outros, Metcalfe e Chalk (1972) citam os seguintes caracteres anatômicos: placas de perfuração simples; pontoações intervasculares médias a grandes; pontoações raio-vasculares grandes e alongadas (frequentemente escalariformes) ou semelhantes às intervasculares; elementos vasculares de comprimento médio a moderadamente curto; parênquima abundante, apotraqueal, com células esparsas ou faixas contínuas de 1-2 células de largura; séries parenquimáticas de 8 células (4, em alguns gêneros); raios com 2-3 células de largura ou exclusivamente unisseriados, por vezes com 4-5 células de largura; raios marcadamente heterogêneos, frequentemente com 10 ou mais fileiras marginais de células eretas e mais de uma parte multisseriada por raio, por vezes com espaços intercelulares; fibras de paredes finas a moderadamente espessas, de comprimento médio a moderadamente curto com pontoações simples ou aréolas pequenas, por vezes distintas; e tubos laticíferos ocasionais, nos raios.

Para os gêneros de Euphorbiaceae *lato sensu*, Record e Hess (1943) registraram placas de perfuração escalariformes associadas a placas simples, em *Hieronyma*; raios uni e bisseriados, ocasionalmente trisseriados, em *Hieronyma* e *Phyllanthus*; raios com até 100 (ou mais) células em altura, em *Alchornea*, *Hieronyma*, *Phyllanthus* e *Sapium*; tubos laticíferos pequenos, em *Sebastiania parvoniana*; parênquima axial paratraqueal escasso, em *Phyllanthus*; fibras com pontoações de bordas conspícuas, em *Hieronyma*; e canais radiais frequentemente grandes, em algumas espécies de *Alchornea*, *Croton*, *Euphorbia*, e *Sapium*, entre outros gêneros.

Tortorelli (1956) descreveu a estrutura do lenho de *Alchornea iricurana* e *Sapium haemospermum*. Mainieri e Chimelo (1989) descreveram as madeiras de *Alchornea triplinervia*, *Croton echinocarpus*, *Croton floribundus* e *Hieronyma alchorneoides*, juntamente com propriedades físico-mecânicas das mesmas. Tuset e Duram (1970), por sua vez, realizaram curtas descrições macroscópicas das madeiras de *Sapium montevidense* e *Sebastiania klotzchiana*, com base em material procedente do Uruguai.

Recentemente, Hayden e Hayden (2000) em estudo de 51 gêneros e representantes de 19 tribos da subfamília Acalyphoideae constataram as seguintes características anatômicas: anéis de crescimento indistintos ou fracamente delimitados, porosidade difusa, placas de perfuração simples, ou comumente uma mistura de placas escalariformes irregulares; pontoações intervasculares alternas; pontoações raio-vasculares maiores do que as

intervasculares de circulares a alongadas e alternadas irregulares; parênquima difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso, por vezes, em faixas tangenciais; raios heterocelulares raramente superiores a três células de largura; cristais prismáticos no parênquima e/ou raios; fibras de paredes finas a moderadamente espessas, fibrotraqueídeos não septados ou fibras libriformes. Estes autores mencionam ainda que não é possível segregas as possíveis famílias Peraceae e Pandaceae das Acalyphoideae com base em caracteres anatômicos.

Mennega (2005) lançou um estudo sobre a estrutura anatômica da subfamília Euphorbioideae no qual faz comparações com as subfamílias Acalyphoideae e Crotonoideae e discute as implicações sobre a circunscrição da família Euphorbiaceae. Apesar das três subfamílias apresentarem grande conformidade anatômica, a autora conclui, neste estudo, que elas podem ser segregadas pela escassa presença de laticíferos em Acalyphoideae e Crotonoideae e pela frequente presença de laticíferos em Euphorbioideae. Afirma ainda, que, em geral, a anatomia da madeira suporta o conceito mais restrito da Família Euphorbiaceae, incluindo apenas as subfamílias Acalyphoideae, Crotonoideae e Euphorbioideae, excluindo Phyllanthoideae e Oldfieldioideae.

As Acalyphoideae e as Euphorbioideae são ambas caracterizadas pela ocorrência de vasos pequenos e numerosos, organizados em múltiplos radiais ou em agrupamentos. É incomum apresentarem porosidade em anel, mas, mesmo assim, há notícia de que ela aparece em vários gêneros de Euphorbioideae e nos gêneros *Necepsia* e *Pondania* das Acalyphoideae. Placas de perfuração escalariformes são encontradas em Acalyphoideae, nos gêneros *Microdesmes* e *Panda*, e a combinação de placas de perfuração simples e escalariformes em outros 21 gêneros. Em Euphorbioideae as placas de perfuração escalariformes foram ocasionalmente encontradas em *Maprounea* e em amostras jovens de *Euphorbia grandiscornis*; as pontoações intervasculares e raio-vasculares tem o mesmo padrão, com exceção de pontoações muito largas em *Euphorbia*, *Hura* e *Sapium* (Euphorbioideae); o parênquima apresenta distribuição semelhante em ambas as subfamílias; as fibras septadas são praticamente ausentes em Euphorbioideae, embora ocasionalmente observadas em *Euphorbia*; fibras septadas ocorrem em quatro gêneros de Acalyphoideae, caso contrário não mostram diferenças importantes entre ambas as subfamílias (MENNEGA, 2005).

A madeira das Crotonoideae também apresenta grande conformidade com as subfamílias Acalyphoideae e Euphorbioideae, sendo caracterizada pela porosidade difusa, embora não tenha apresentado porosidade em anel. Contém vasos em múltiplos radiais de 2-4 poros ou mais, geralmente de tamanho médio (mas variam de 50-290 μm , com frequência de 10 poros/mm, embora possua grande variação 4-150 poros/mm); placas de perfuração

escalariformes ocasionais em *Codiaeum* e em ramos de *Givotia*; pontoações intervasculares de 4-16 μm , sendo que pontoações grandes ocorrem em diversos gêneros, muitas vezes com formato irregular; fibras geralmente de paredes finas, mas espessas em *Leeuwenbergia*, *Micrandropsis*, e em uma espécie de *Pausandra* (MENNEGA, 2005).

Fibras não septadas foram observadas em *Cnidocolus*, *Jatropha* e *Manihot*. Em vários gêneros, o comprimento de fibras excede 2000 μm , mas, em *Leeuwenbergia*, este comprimento não ultrapassa os 2900 μm e, nas Euphorbioideae, raramente excede 1200 μm , exceto em *Elaeophorbia*, *Anthostema* e *Neoguillauminia*. O parênquima axial se assemelha geralmente ao das Euphorbioideae; os raios são principalmente uni e bisseriados, mas pode ocorrer em diversos gêneros raios heterogêneos com até 4 células de largura, os quais possuem margens altas muitas vezes fusionadas. Células perfuradas de raio são comuns, com cristais e sílica geralmente nos gêneros *Annesijoa*, *Anomalocalyx*, *Glycydendron*, *Micrandra*, *Tetrorchidium*, *Cunuria* e *Sagotia*. Tubos laticíferos foram encontrados em *Baloghia*, *Croton* e *Glycydendron* (MENNEGA, 2005).

Outros estudos descritivos de madeiras de Euphorbiaceae podem ser encontrados em: León e Chavarry (2006), Denardi (2007), Cosmo et al. (2010), Marchiori et al. (2009, 2010, 2011) e etc.

3.3 Análise multivariada

A análise multivariada compreende todas as técnicas estatísticas que analisam simultaneamente diversas medidas sobre indivíduos ou objetos sob investigação, desde que estas variáveis sejam aleatórias e inter-relacionadas, de modo que seus diferentes efeitos não podem ser significativamente interpretados em separado (HAIR et al., 2009).

Para Mingoti (2007), a análise multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais diversas variáveis correlacionadas entre si são medidas simultaneamente, em cada elemento amostral. Quanto maior o número de variáveis, mais complexa se torna a análise por métodos comuns de estatística univariada. A mesma autora salienta que os métodos de análise multivariada servem para: simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno que está sendo estudado, através da construção de índices ou variáveis alternativas que sintetizem a informação original de dados; construir grupos de elementos amostrais que apresentem similaridade entre si, possibilitando a segmentação do

conjunto de dados originais; investigar as relações de dependência entre as variáveis respostas associadas ao fenômeno e outros fatores (variáveis explicativas); e comparar populações ou validar suposições através de testes de hipótese.

Os dados multivariados são parecidos com os dados univariados, pois consistem em uma ou mais variáveis independentes (preditoras) e em duas ou mais variáveis dependentes (respostas). A distinção entre dados univariados e multivariados depende em grande parte, de como os dados são organizados e analisados, e não do modo como eles são coletados (GOTELLI; ELISON, 2011).

A análise multivariada, em outras palavras, tem como objetivo medir, explicar e prever o grau de relação entre as múltiplas variáveis estatísticas (HAIR et al., 2009). De acordo com Bocard et al. (2011), as variáveis podem ser qualitativas (nominal ou categóricas, binário ou multiclasse), semiquantitativas (ordinal) ou quantitativas (discreta ou contínua).

A análise multivariada engloba um vasto número de métodos estatísticos distribuídos em dois grandes grupos: as técnicas de classificação e as técnicas de ordenação (FELFILI et al., 2011). Estas são eficientes para a sumarização ou simplificação de dados numéricos, a fim de comparações estatísticas. As técnicas de classificação baseiam-se no agrupamento de amostras ou de espécies que tenham propriedades em comum (similaridades/dissimilaridades), enquanto que as técnicas de ordenação dispõem as amostras ou as espécies ao longo de eixos de variação contínua (MATTEUCCI; COLMA, 1982).

Classificação é o processo de agrupar objetos similares com base em seus atributos. Como produto final, tem-se um conjunto de grupos originados dos indivíduos, em que cada indivíduo dentro de um grupo apresenta maior semelhança com outro indivíduo pertencente ao mesmo grupo do que com qualquer indivíduo de outro grupo (FELFILI et al., 2011).

Existem diversas técnicas de classificação, entre elas, a análise de agrupamento (*Cluster analysis*) que cria classes e agrupamentos a partir de informações contidas nos dados, e a análise discriminante que aloca indivíduos em classes previamente estabelecidas (MATTEUCCI; COLMA, 1982).

A ordenação tem o propósito de organizar os dados ao longo de eixos de um diagrama, de forma a reduzir a dimensionalidade dos dados e permitir melhor interpretação do universo estudado, com menor perda possível de informação (FELFILI et al., 2011). Complementando esta ideia, Gotelli e Elison (2011) afirmam que a ordenação, como técnica de redução de dados, começa com um conjunto de n variáveis, gerando um número menor de variáveis, sendo que, mesmo assim, essa técnica permite visualizar os padrões importantes nos dados. Entre as diversas técnicas de ordenação, as mais utilizadas são a análise fatorial, a análise de

componentes principais (PCA), análise de correspondência (CA), análise de correspondência distendida (DCA) e análise de correspondência canônica (CCA).

As técnicas de classificação e de ordenação são aplicadas de acordo com o objetivo do estudo. Se o objetivo for descrever uma vegetação, é preferível a classificação. Se o objetivo for determinar relações entre vegetação e ambiente, indica-se a ordenação (MATTEUCCI; COLMA, 1982; LONGHI, 1997, FILFILI et al., 2011). Fazendo esta mesma relação para a anatomia da madeira, quando o objetivo for descrever as espécies, a classificação seria a mais indicada e, quando o objetivo for correlacionar características anatômicas da madeira com suas propriedades físico-mecânicas ou com fatores ambientais, a ordenação seria a mais indicada.

As técnicas multivariadas são possíveis graças aos avanços tecnológicos cada vez maiores, uma vez que pacotes computacionais facilitam a análise de dados extensos e complexos com relativa facilidade (HAIR et al., 2009). Alguns programas de computadores capacitados para a análise multivariada de dados são: SPSS, STATISTICA, SAS, Pc Ord, CANOCO, R, entre outros.

No presente estudo é abordada somente a análise de agrupamento para verificar quão similares/dissimilares são as espécies estudadas, e se ocorre a formação de agrupamentos heterogêneos.

3.3.1 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento (*Cluster analysis*) é um método de classificação numérica. Como toda técnica de classificação, baseia-se no agrupamento de amostras ou de espécies com propriedades em comum, e tem por objetivo definir grupos com diferentes graus de similaridade/dissimilaridade (FELFILI et al., 2011).

Para Legendre e Legendre (1998), agrupar é reconhecer que os objetos são suficientemente similares/dissimilares para serem colocados em um mesmo grupo ou em grupos distintos.

Os agrupamentos de indivíduos semelhantes devem apresentar elevada homogeneidade interna; entre os grupos distintos, por sua vez, deve haver elevada heterogeneidade. Deste modo, quando representados graficamente, os indivíduos dentro dos

agrupamentos estarão próximos, e os diferentes agrupamentos estarão distantes (HAIR et al., 2009).

Segundo Ferreira (2011), para aplicar uma análise de agrupamento em um conjunto de dados é necessária a escolha de um critério de agrupamento que quantifique a proximidade dos objetos. Esses são os coeficientes de similaridade ou de dissimilaridade/distância que serão considerados no agrupamento de acordo com os tipos de variáveis.

Nas medidas de similaridade, quanto maior for o valor observado, mais parecidos serão os objetos. Enquanto que, nas medidas de dissimilaridade, quanto maior for o valor observado, menos parecidos serão os objetos (VICINI, 2005; FERREIRA, 2011).

Os coeficientes de similaridade, segundo Valentin (2000), foram desenvolvidos inicialmente para medidas binárias (presença=1 e ausência=0). Os diversos coeficientes encontrados na literatura diferem-se pela inclusão ou exclusão da dupla ausência.

Legendre e Legendre (1998) chamam a atenção para o fato de que, para escolher o método de agrupamento e interpretar corretamente a estrutura que está sendo analisada, é importante entender as propriedades dos coeficientes de similaridade/dissimilaridade a serem usados, tendo em vista que tais coeficientes são muito diversificados.

Os coeficientes são enquadrados em três grandes grupos: 1 – os que utilizam dados qualitativos, também conhecidos como dados binários (ex. Jaccard, Sørensen, Yule, Qui-quadrado, Baroni, concordância simples, etc.); 2 – os que utilizam dados quantitativos (ex. Bray-Curtis, Canberra, Czekanowski, Distância Euclidiana, Distância de Mahattan, Morisita, etc.), sendo que os coeficientes baseados em distância também se aplicam a dados qualitativos; e 3 – coeficientes mistos, que utilizam simultaneamente dados qualitativos e quantitativos, ex. Gower (FELFILI et al., 2011).

Maiores detalhes sobre as propriedades matemáticas dos coeficientes podem ser encontrados em Legendre e Legendre (1998), Valentin (2000), Hair et al. (2009), Bocard et al. (2011), Ferreira (2011) e Felfili et al. (2011).

Na análise de agrupamento não se tem o conhecimento prévio de quantos grupos serão formados, por isso é requerido o uso de alguns métodos específicos de partição para alocar os indivíduos semelhantes em grupos, tais como os agrupamentos hierárquicos e não-hierárquicos (HAIR et al., 2009; FERREIRA, 2011).

Os procedimentos hierárquicos envolvem uma série de decisões de agrupamentos que combinam observações em uma estrutura de hierarquia ou do tipo árvore, tradicionalmente conhecidos como dendrogramas. Enquanto que os procedimentos não-hierárquicos não envolvem o processo de construção em árvore (dendrograma), designam objetos a

agrupamentos assim que o número de agregados a serem formados tenha sido especificado (HAIR et al., 2011). Estes últimos não serão abordados no presente estudo.

Os métodos de agrupamento hierárquicos se subdividem em aglomerativos e divisivos (FERREIRA, 2011; GOTELLI; ELISON, 2011). Estes mesmos autores, mencionam que os métodos aglomerativos procedem tomando várias observações separadas e as reunindo em agrupamentos sucessivamente maiores até que apenas um seja obtido. Enquanto que, os métodos divisivos procedem de forma inversa, colocando todas as observações em um grupo e, depois, dividindo sucessivamente, até que cada observação esteja em seu próprio agrupamento.

Os métodos hierárquicos aglomerativos são os procedimentos mais comumente usados em análise de agrupamento em virtude da facilidade de programas de computadores demonstrarem valores de similaridade possíveis de serem quantificados (HAIR, et al., 2009). Estes começam com uma matriz quadrada de $m \times m$ de distâncias, na qual os valores das características são medidas par-a-par, e qualquer medida de distância pode ser empregada (GOTELLI; ELISON, 2011).

O agrupamento dos objetos ou indivíduos é feito por ligações. Estas podem ser realizadas pelo método de ligação simples (salto mínimo ou vizinho mais próximo), método de ligação completa (vizinho mais distante), método de associação média (distância média), método dos pesos proporcionais, método do centróide e método da variância mínima (método de Wards), entre outros (VALENTIN, 2000).

⇒ Método de ligação simples: também chamado de “salto mínimo” e de “vizinho mais próximo”, o dendrograma é montado com base nos pares de objetos mais similares (os de menor distância).

⇒ Método de ligação completa: também é conhecido por “vizinho mais distante”, a fusão de dois grupos depende do par de objetos mais distantes.

⇒ Método da associação média (UPGMA): computa a média das similaridades ou distâncias entre um objeto e cada elemento do grupo, todos os objetivos recebem o mesmo peso.

⇒ Método dos pesos proporcionais (WPGMA): complementa o UPGMA eliminando as distorções, quando ocorre fusão com um grupo menor de objetos.

⇒ Método do centróide: a similaridade entre dois agrupamentos é a distância entre seus centróides. Os centróides são os valores médios das observações sobre as variáveis na variável estatística de agrupamento.

⇒ Método da variância mínima (Método de Ward): em cada etapa se combinam dois agrupamentos de menor incremento da soma total dos quadrados das distâncias, reduzindo a variação intragrupal e aumentando as diferenças entre os agrupamentos.

Descrições mais detalhadas desses métodos podem ser vistas em Valentin (2000), Vicini (2005), Hair et al. (2009), Bocard et al. (2011), Corrar et al. (2011), Ferreira (2011), entre outros.

Dentre os diversos métodos de aglomeração, deve-se fazer a escolha do método mais adequado à pesquisa. Para isso, realiza-se a validação de agrupamento, através do coeficiente de correlação cofenético, conhecido também como r de Pearson (FERREIRA, 2011; VALENTIN, 2000). Este coeficiente mede a distorção do dendrograma e é calculado entre os índices de similaridade da matriz original e os índices reconstituídos com base no dendrograma, de modo que, quanto maior (próximo de 1) o r (coeficiente de correlação cofenético), menor será a distorção. Na literatura consideram-se aceitáveis os valores de r superior a 0,8 (VALENTIN, 2000; FELFILI et al., 2011).

Com relação à separação de grupos no dendrograma, Hair et al. (2009) atribuem a realização da regra de parada, a qual não é considerada um procedimento padrão e objetivo de escolha. Segundo estes mesmos autores um dos critérios a ser seguido diz respeito a medidas de variação da heterogeneidade entre agrupamentos em cada passo sucessivo, sendo a solução definida quando a medida de heterogeneidade excede um valor especificado, ou quando os valores sucessivos entre passos saltam repetidamente.

Longhi (1997) aconselha a separação dos grupos na metade da maior distância, embora possa ser realizado segundo um critério subjetivo e pessoal. Nesse mesmo sentido, Hair et al. (2009) atribuem ao pesquisador complementar o julgamento empírico baseando-se em alguma conceituação teórica que possa sugerir um número natural de grupos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Espécies descritas

No presente estudo foram descritos quatro gêneros e sete espécies de árvores e arbustos da família Euphorbiaceae, de ocorrência natural ou cultivada no Rio Grande do Sul. As amostras de madeira utilizadas são provenientes da Xiloteca do Departamento de Ciências Florestais (HDCF) da Universidade Federal de Santa Maria, e compreendem coletas pessoais do professor Dr. José Newton Cardoso Marchiori (Tabela 1).

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

Tabela 1. Hábito, número de registro na Xiloteca e municípios de coleta das espécies descritas.

ESPÉCIES	HÁBITO	REGISTRO XILOTECA OU N°. COLETOR	LOCAL DE COLETA
<i>B. pulchella</i>	Arbusto	HDCF 3192	Jaguari/RS
<i>C. dracunculoides</i>	Arbusto	MARCHIORI, J. N. C. 831	Bagé/RS
<i>C. pycnocephalus</i>	Arbusto	MARCHIORI, J. N. C. 809	Jaguari/RS
<i>E. cotinifolia</i>	Arbusto lenhoso	HDCF 3328	Santa Maria/RS
<i>E. pulcherrima</i>	Arbusto semi-lenhoso	HDCF 3187	Curitiba/PR
<i>E. tirucalli</i>	Árvore pequena	HDCF 3323	Jaguari/RS
<i>S. haematospermum</i>	Árvore	HDCF 567	São Francisco de Assis/RS

4.2 Microtécnica

A montagem das lâminas de cortes anatômicos foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná, de acordo com a técnica padrão (BURGER; RICHTER, 1991). Os blocos de madeira foram seccionados em micrótomo de deslizamento, regulado para a obtenção de cortes com espessura nominal de 18-20 μm ; os cortes anatômicos foram tingidos com acridina-vermelha, crisoidina e azul-de-astra ou safra-blau, desidratados em série alcoólica-ascendente (30%, 50%, 70%, 95% e duas vezes em álcool absoluto), diafanizados em xilol e fixados em lâminas permanentes, com Entellan.

Na confecção das lâminas de macerado, utilizou-se o método de Franklin, modificado (KRAUS; ARDUIN, 1997). A amostra de madeira destinada à maceração foi reduzida a pequenos palitos e transferida à solução de maceração, contendo peróxido de hidrogênio (100V) e ácido acético glacial, na proporção 2:1. A mistura permaneceu em banho-maria (60 °C) por 48h, sendo trocada a solução ao final do primeiro dia. Após a dissociação do tecido lenhoso, os elementos celulares foram reunidos em papel filtro e tingidos com safranina 1%.

Nas etapas seguintes realizou-se procedimento semelhante ao anteriormente descrito para as lâminas histológicas.

4.3 Fotomicrografias

As fotomicrografias da estrutura anatômica foram tomadas em microscópio Olympus CX 40, com objetivas planas 10x/0.25, 20x/0.40 e 10x/0.65, equipado com câmera digital Olympus Camedia C-3000, no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná. O processamento das imagens foi realizado com o auxílio do programa Corel DRAW 12.

4.4 Descrição dos lenhos

As medições foram realizadas em microscópio binocular Carl Zeiss, provido de ocular com escala graduada, no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Santa Maria.

A descrição dos caracteres anatômicos da madeira seguiu as recomendações do IAWA Committee (WHEELER et al., 1989), exceto no caso da percentagem dos diferentes tecidos e espessura da parede de vasos e de fibras, aspectos não contemplados na referida norma.

No caso da percentagem dos tecidos, foram realizadas 600 determinações ao acaso, com auxílio de contador de células, conforme proposto por Marchiori (1980): a cada movimento aleatório do charriot, em plano transversal, anotou-se o tipo de célula correspondente a um ponto predeterminado na escala micrométrica. O número de coincidências, em cada 100 determinações, expressa a percentagem ocupada pelos distintos tipos celulares no tecido lenhoso. Foram feitas 6 repetições para cada indivíduo.

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

Na determinação da frequência de poros, usou-se um quadrado de área conhecida superposto a fotomicrografias de seção transversal da madeira. O número de poros contidos neste campo expressa a sua abundância por mm^2 .

Nas características quantitativas, 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).

4.5 Análise de agrupamento

Para a análise de agrupamento utilizou-se os caracteres anatômicos das espécies investigadas no presente estudo e também os caracteres de outras espécies de Euphorbiaceae e Phyllanthaceae de ocorrência natural no RS, descritas na literatura.

Para maiores detalhes sobre a estrutura anatômica das espécies descritas na literatura, recomenda-se as publicações de Denardi (2009), Marchiori et al. (2009; 2010; 2011) e Siegloch et al. (2011).

Tabela 2. Espécies utilizadas na análise de agrupamento com as respectivas famílias e subfamílias.

FAMÍLIAS	SUBFAMÍLIAS	ESPÉCIES
EUPHORBIACEAE	Acalyphoideae	<i>Alchornea triplinervia</i> Müll. Arg. <i>Bernardia pulchella</i> Müll. Arg.
	Crotonoideae	<i>Croton dracunculoides</i> Baill. <i>Croton pycnocephalus</i> Baill.
	Euphorbioideae	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg. <i>Colliguaja brasiliensis</i> Klotzsch ex Baill. <i>Euphorbia cotinifolia</i> L. <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch <i>Euphorbia tirucalli</i> Thunb. <i>Sapium glandulosum</i> Morong. <i>Sapium haemospermum</i> Müll. Arg. <i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng. <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) LBSm. & JRDowns <i>Sebastiania schottiana</i> Müll. Arg.
PHYLLANTHACEAE		<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allem. <i>Phyllanthus sellowianus</i> Müll. Arg.

A análise de agrupamento foi processada pelo programa R, pacote *vegan: Community Ecology Package* (OKSANEN et al., 2011).

A técnica empregada para a formação de grupos foi a análise de agrupamento hierárquica aglomerativa. Para tal, construiu-se uma tabela de dados binários, montada através

da presença e ausência de caracteres anatômicos descritos para cada espécie, utilizando-se como critério as categorias do IAWA (1989), conforme a Tabela 3. 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).

Caracteres anatômicos

	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}
	⋮	⋮	...	⋮
	⋮	⋮	...	⋮
Espécies	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

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:

$$J = \frac{a}{a+b+c}$$

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

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 ($a+b+c+d$).

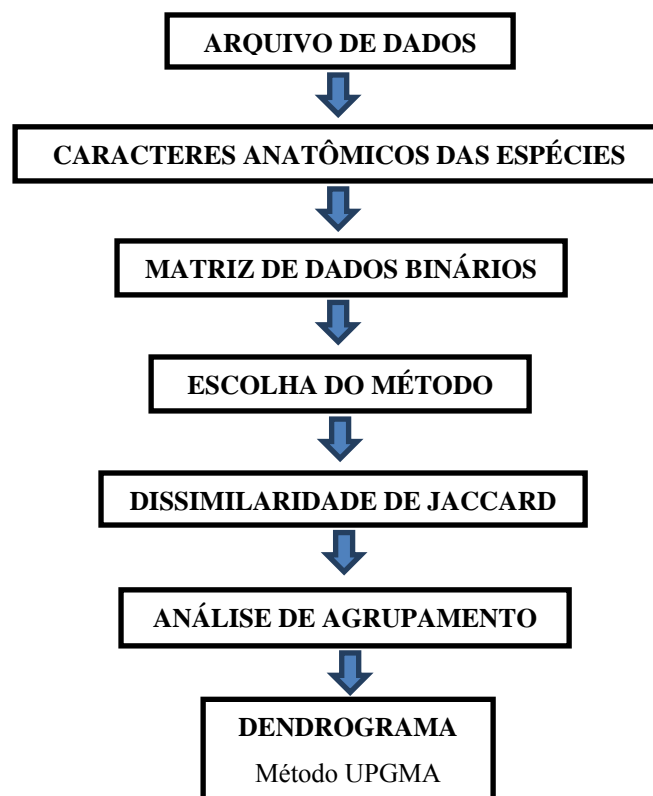
O coeficiente de dissimilaridade de Jaccard desconsidera a dupla ausência e quanto menor o valor, mais parecidas serão as espécies. Para a formação de agrupamentos com base

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.

Na literatura é considerado aceitável um coeficiente cofenético superior a 0,8, sendo que, quanto mais próximo de 1, melhor é o valor. Este coeficiente facilita a escolha do método de aglomeração.

Fluxograma do procedimento da análise de agrupamento:



5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Descrição dos lenhos

5.1.1 *Bernardia pulchella* Müll. Arg.

Madeira de porosidade difusa. Anéis de crescimento, indistintos (Figura 1 A, B).

Vasos: muito numerosos (150 ± 17 ($118 - 162$) poros/mm²), ocupando $19 \pm 2,2\%$ do volume da madeira. Poros em múltiplos radiais de 13 ($7 - 26$) células e em múltiplos racemiformes de seção angular, pequenos (46 ± 5 ($37,5 - 52,5$) μm) e de paredes finas ($2,8 \pm (2,5 - 3,7)$ μm) (Figura 1 A, B). Elementos vasculares de comprimento médio (567 ± 110 ($240 - 750$) μm), com placas de perfuração simples, perpendiculares a ligeiramente oblíquas, e apêndices geralmente em uma extremidade. Pontoações intervasculares grandes ($12 \pm 0,8$ ($11,3 - 13,4$) μm), alternas, circulares, não ornamentadas, com abertura em fenda inclusa (Figura 1 F). Pontoações raio-vasculares alternas, com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares, embora menores e por vezes alongadas ($8,8 \pm 0,5$ ($8,2 - 9,3$) μm). Espessamentos espiralados, presentes. Conteúdo, ausente.

Parênquima axial: representando $5 \pm 1,6 \%$ do volume da madeira, em arranjo paratraqueal-escasso (Figura 1 A, B). Séries parenquimáticas de 431 ± 130 ($263 - 738$) μm de altura, compostas de 4 ($2 - 5$) células (Figura 1 F).

Raios: muito numerosos ($23 \pm 3,6$ ($16 - 28$) raios/mm), com 1 – 3 células de largura, ocupando $22 \pm 4,2 \%$ do volume da madeira (Figura 1 E, F). Os multisseriados de $167 \pm 60,8$ ($60 - 290$) μm e 5 ($2 - 8$) células de altura, heterogêneos, reúnem, geralmente, células quadradas no corpo e células eretas nas margens (Figura 1 C, E, F). Os unisseriados de 840 ± 308 ($350 - 1340$) μm e 6 – 29 células de altura são geralmente compostos de células eretas. Células radiais de paredes disjuntas e células perfuradas,



Figura 1 – Aspectos anatômicos do lenho de *Bernardia pulchella* Müll. Arg. A – Fibras gelatinosas e poros em múltiplos radiais e racemiformes (seção transversal). B – Poros em múltiplos radiais e racemiformes, parênquima axial paratraqueal-escasso e fibras de paredes finas a espessas (seção transversal). C – Raios heterogêneos com células quadradas no corpo central e células eretas nas margens (seção longitudinal radial). D – Elementos vasculares com placas de perfuração simples e espessamentos espiralados (seção longitudinal radial). E – Elementos vasculares com placas de perfurações perpendiculares e oblíquas, raios agregados, parênquimas axial paratraqueal-escasso e raios uni e multisseriados (seção longitudinal tangencial). F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, circulares ou ligeiramente poligonais e raios uni e bisseriados (seção longitudinal tangencial).

presentes. Raios fusionados, frequentes. Raios agregados, raros. Células envolventes e conteúdos, ausentes.

Fibras: com pontoações menores do que 3 μm , presentes nas faces radiais da parede; de comprimento médio (909 ± 112 (660 – 1070) μm), com $15,5 \pm 2$ (12,5 – 20) μm de largura e de paredes finas a espessas $4,3 \pm 0,7$ (2,5 – 5,6) μm , ocupando $54 \pm 3,8\%$ do volume da madeira (Figura 1 B). Fibras gelatinosas, abundantes (Figura 1 A, B). Espessamentos espiralados, presentes. Fibras septadas e traqueóides, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação, máculas medulares e inclusões minerais, ausentes.

5.1.2 *Croton dracunculoides* Baill.

Anéis de crescimento: marcados por delgada camada de fibras radialmente estreitas e por camada concêntrica de fibras gelatinosas no lenho inicial (Figura 2 A, B).

Vasos: muito numerosos ($89 \pm 21,3$ (67 – 116) poros/ mm^2), ocupando $16 \pm 3,9\%$ do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros em múltiplos radiais e racemiformes de 2 – 9 unidades, menos comumente solitários, de seção circular ou oval ($54 \pm 9,4$ (32,5 – 68) μm) e paredes espessas ($4,1 \pm 0,8$ (2,5– 6,2) μm) (Figura 2 A, B); conteúdo, frequente. Elementos vasculares de comprimento médio ($529 \pm 107,4$ (330 – 720) μm), com placas de perfuração simples e apêndices curtos a longos, em uma ou em ambas as extremidades. Pontoações intervasculares pequenas ($5,4 \pm 0,5$ (5,2 – 6,2) μm), alternas e circulares, por vezes coalescentes, com abertura em fenda elíptica, cruzada, inclusa, não ornamentada (Figura 2 F). Pontoações raio-vasculares alternas, com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares, embora menores ($4,8 \pm 0,5$ (5,2 – 6,2) μm). Espessamentos espiralados, ausentes.

Parênquima axial: representando $4 \pm 1,5\%$ do volume da madeira; em arranjo paratraqueal-escasso (Figura 2 A, B). Séries parenquimáticas de 324 ± 72 (200 – 508) μm de altura, compostas de 2 – 4 (6) células (Figura 2 F).

Raios: muito numerosos ($33 \pm 2,2$ (30 – 37) raios/ mm) e exclusivamente unisseriados, ocupando $19 \pm 1,5\%$ do volume da madeira (Figura 2 E, F). Compostos de células eretas ou



Figura 2 – Aspectos anatômicos do lenho de *Croton dracunculoides* Baill. A – Limite de anel de crescimento, porosidade difusa, poros em múltiplos radiais, racemiformes e solitários (seção transversal). B – Mesma seção, em maior aumento, destacando poros em múltiplos radiais e solitários, parênquima paratraqueal-escasso e fibras de paredes finas. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células eretas e quadradas, eventualmente procumbentes, além de células perfuradas de raio e elementos vasculares com placas de perfuração simples. D – Seção longitudinal radial, em maior aumento, mostrando pontoações raio-vasculares alternas, com aréolas distintas e parte de raio com células eretas e quadradas. E – Aspecto da seção longitudinal tangencial, com elementos vasculares, raios exclusivamente unisseriados, parênquima axial seriado e fibras. F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, circulares, raios unisseriados e fibras (seção longitudinal tangencial).

eretas e quadradas, com eventuais células curtamente procumbentes, apresentam escassos cristais romboédricos e medem 528 ± 257 (160 – 1150) μm e 3 – 27 células de altura. Células radiais de paredes disjuntas e células perfuradas de raios, presentes; conteúdo, ausente. Raios fusionados, raios agregados e células envolventes, ausentes.

Fibras: com pontoações areoladas maiores do que 3 μm e aberturas em fendas elípticas, cruzadas nas faces radiais da parede; curtas ($864 \pm 93,4$ (600 – 1000) μm), de $13 \pm 2,9$ (10 – 18) μm de largura, de paredes finas ($4 \pm 0,7$ (2,5 – 5) μm) e seção frequentemente retangular, ocupando $61 \pm 5,9$ % do volume da madeira (Figura 2 B). Fibras gelatinosas, em faixas concêntricas. (Figura 2 A, B). Fibras septadas, espessamentos espiralados e traqueídeos, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas e estratificação, ausentes. Máculas medulares e inclusões minerais, presentes.

5.1.3 *Croton pycnocephalus* Baill.

Anéis de crescimento: indistintos (Figura 3 A, B).

Vasos: muito numerosos ($93 \pm 23,1$ (60 – 112) poros/ mm^2), com porosidade difusa, ocupando $17 \pm 4,2$ % do volume da madeira; em múltiplos radiais e racemiformes de 2 – 13 poros, menos frequentemente solitários, de seção circular ou oval ($49 \pm 8,4$ (35 – 68) μm) e paredes espessas ($4,8 \pm 0,9$ (3,7 – 6,2) μm) (Figura 3 A, B). Elementos vasculares curtos ($342 \pm 77,5$ (240 – 560) μm), com placas de perfuração simples, circulares, e apêndices em uma ou em ambas as extremidades. Pontoações intervasculares pequenas ($5,6 \pm 0,5$ (5,2 – 6,2) μm), alternas, circulares, com abertura em fenda elíptica, por vezes cruzada, inclusa, não ornamentada (Figura 3 F). Pontoações raio-vasculares alternas, com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares, embora menores ($4,2 \pm 0,3$ (4,1 – 5,1) μm). Espessamentos espiralados e conteúdos, ausentes.

Parênquima axial: representando $4 \pm 0,7$ % do volume da madeira, em arranjo paratraqueal-escasso (Figura 3 A, B). Séries parenquimáticas de 456 ± 101 (300 – 663) μm de altura, compostas de 2 – 4 (5) células (Figura 3 F).

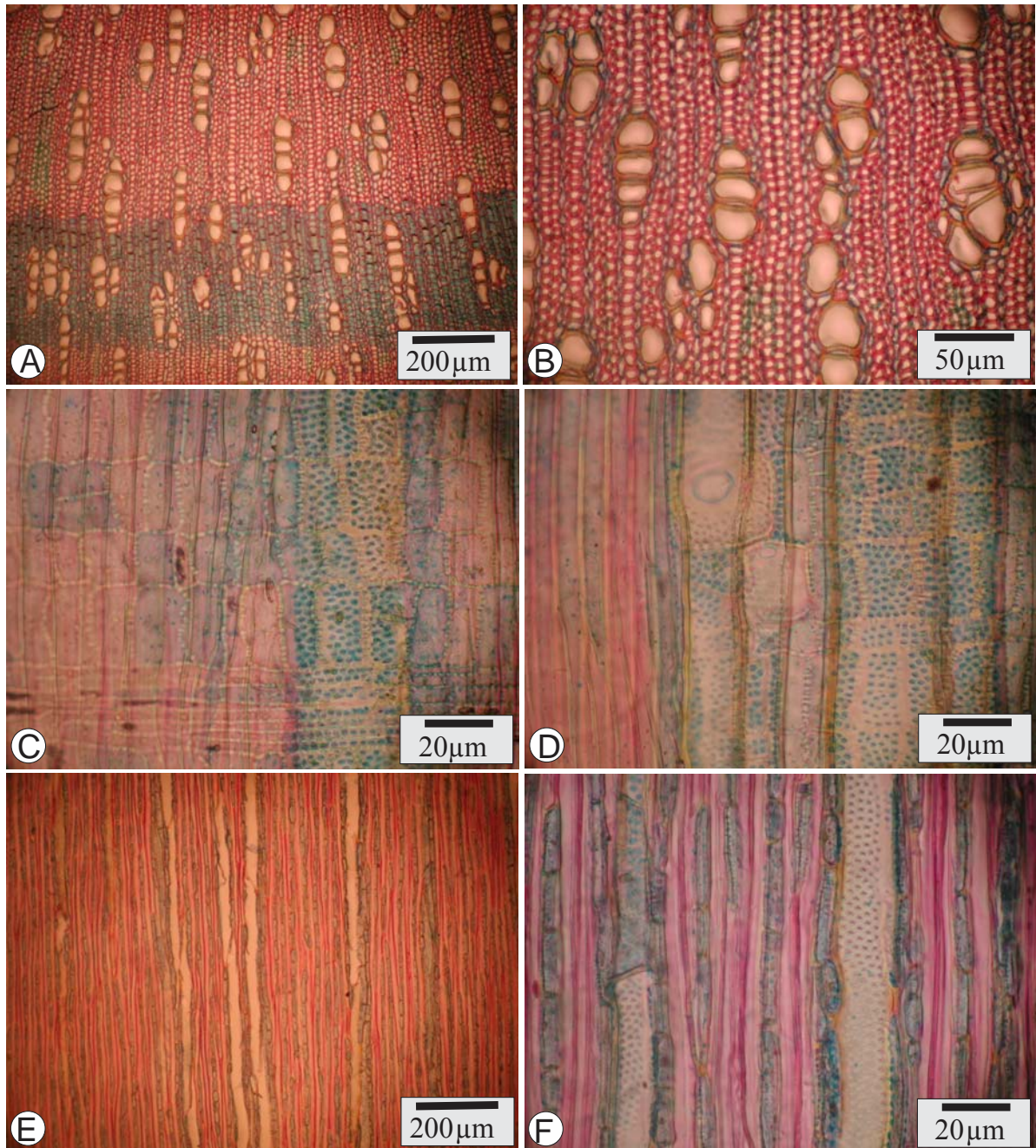


Figura 3 – Aspectos anatômicos do lenho de *Croton pycnocephalus* Baill. A – Seção transversal, mostrando porosidade difusa, poros em múltiplos radiais, menos comumente racemiformes e solitários, e fibras gelatinosas em faixas concêntricas. B – Mesma seção, em maior aumento. C – Raio heterogêneo, em seção longitudinal radial, com células eretas e quadradas, eventualmente procumbentes, e pontoações raio-vasculares areoladas, alternas. D – Mesma seção, destacando células perfuradas de raio e parte de raio com células de paredes disjuntas. E – Aspecto geral da seção longitudinal tangencial, com elementos vasculares, raios unisseriados, parênquima axial seriado e fibras. F – Vasos com pontoações intervasculares alternas, circulares, raios unisseriados e fibras (seção longitudinal tangencial).

Raios: muito numerosos ($29 \pm 2,5$ (24 – 33) raios/mm), exclusivamente unisseriados, ocupando $22 \pm 1,6$ % do volume da madeira (Figura 3 E, F); compostos por células eretas e quadradas, eventualmente procumbentes, de 669 ± 392 (275 – 1575) μm de altura, com 3 – 48 células. Células radiais de paredes disjuntas e células perfuradas de raios, presentes; conteúdos, ausentes. Raios fusionados, raios agregados, células envolventes e cristais, ausentes.

Fibras: com pontoações areoladas (maiores do que 3 μm) com abertura em fenda cruzada, inclusa, nas faces radiais da parede; fibras curtas (631 ± 68 (500 – 750) μm), com $10,4 \pm 2$ (12,5 – 20) μm de largura, de paredes finas ($2,8 \pm 0,6$ (2,5 – 4,4) μm) e seção frequentemente retangular, ocupando $57 \pm 3,1$ % do volume da madeira (Figura 3B). Fibras gelatinosas, em faixas concêntricas (Figura 3 A, B). Fibras septadas, espessamentos espiralados e traqueídeos, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, tubos laticíferos e taniníferos, canais intercelulares, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação, máculas medulares e inclusões minerais, ausentes.

5.1.4 *Euphorbia cotinifolia* L.

Anéis de crescimento: pouco distintos, delimitados por delgada camada de fibras radialmente estreitas e fibras gelatinosas (Figura 4 A).

Vasos: pouco numerosos (10 ± 2 (7 – 12) poros/ mm^2), ocupando 9 ± 3 % do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros em múltiplos radiais de 2 – 6, menos frequentemente solitários, de seção circular a oval, por vezes poligonal, pequenos ($87 \pm 15,5$ (53 – 115) μm) e paredes finas ($4 \pm 0,9$ (2,5 – 5) μm) (Figura 4 A). Elementos vasculares de comprimento médio ($415 \pm 60,1$ (260 – 510) μm), com placas de perfuração simples e apêndices curtos a longos, geralmente em uma extremidade. Pontoações intervasculares médias ($10 \pm 0,6$ (9 – 11) μm), alternas, circulares, ovais ou poligonais, por vezes horizontalmente estendidas, com abertura em fenda elíptica, inclusa, não ornamentada. Pontoações raio-vasculares de diâmetro médio ($10 \pm 1,0$ (8 – 11) μm), aparentemente simples ou com bordas reduzidas, alternas e, por vezes opostas, circulares, elípticas ou horizontalmente alongadas, tendendo a escalariformes (Figura 4 D). Espessamentos espiralados e conteúdos, ausentes.



Figura 4 – Aspectos anatômicos do lenho *Euphorbia cotinifolia* L. A – Poros em múltiplos radiais, e solitários, parênquima axial apotraqueal difuso, apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (seção transversa). B – Limite do anel de crescimento, poros múltiplos radiais, solitários, parênquima axial e fibras gelatinosas (seção transversal). C – Raio com células curtamente procumbentes e células marginais quadradas e/ou eretas (seção longitudinal radial). D – Parte de raios com células eretas e pontoações raio-vasculares opostas e estendidas tendentes a escalariformes (seção longitudinal radial). E – Elementos vasculares, fibras libriformes, raios uni e bisseriados e canal radial (seção longitudinal tangencial). F – Elemento vascular com pontoações intervasculares alternas, raios uni e bisseriados e fibras libriformes (seção longitudinal tangencial).

Parênquima axial: representando $11 \pm 3,5$ % do volume da madeira, em arranjos apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (Figura 4 A). Séries parenquimáticas de 409 ± 72 (300 – 500) μm , geralmente com 2 (até 4) células de altura (Figura 4 E).

Raios: muito numerosos ($17 \pm 1,8$ (14 – 20) raios/mm), com 1 – 3 células de largura, ocupando $27 \pm 4,6$ % do volume da madeira (Figura 4 E). Raios unisseriados, de 703 ± 285 (320 – 1470) μm , e 8 (4 – 17) células de altura, compostos de células eretas e quadradas. Os multisseriados de 547 ± 142 (330 – 810) μm , e 12 (6 – 18) células de altura; heterogêneos reúnem células curtamente procumbentes (1 – 2 fileiras) nas partes multisseriadas, em alternância com células quadradas e/ou eretas (Figura 4 C, D); as margens unisseriadas, geralmente com células eretas em 1 – 8 fileiras. Células perfuradas de raios, presentes. Laticíferos radiais, escassos (Figura 4 E). Raios fusionados, frequentes. Raios agregados, células envolventes e cristais, ausentes.

Fibras: libriformes, com pontoações menores do que 3 μm , mais visíveis na face radial da parede; curtas ($779 \pm 61,7$ (610 – 870) μm), com $17 \pm 3,2$ (12,5 – 22,5) μm de diâmetro e de paredes finas ($3,5 \pm 0,7$ (2,5 – 5) μm), ocupando 52 ± 4 % do volume da madeira (Figura 4 A, E). Fibras gelatinosas, abundantes. Fibras septadas, espessamentos espiralados e traqueídeos, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação, inclusões minerais, máculas medulares e canais intercelulares, ausentes.

5.1.5 *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch

Anéis de crescimento: marcados, fracamente, por delgada camada de fibras radialmente estreitas (Figura 5 B).

Vasos: poucos numerosos ($8 \pm 2,0$ (5 – 10) poros/ mm^2), ocupando 13 ± 2 % do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros em múltiplos radiais e racemiformes de 2 – 6, menos frequentemente solitários, de seção circular a oval (114 ± 30 (57,5 – 162,5) μm), e paredes finas ($3,7 \pm 0,9$ (2,5 – 5) μm) (Figura 5 A, B). Elementos vasculares de comprimento médio (418 ± 78 (250 – 620) μm), com placas de perfuração simples e apêndices curtos, geralmente em uma extremidade (Figura 5 E). Pontoações intervasculares médias ($10 \pm 1,0$ (8 – 11) μm),

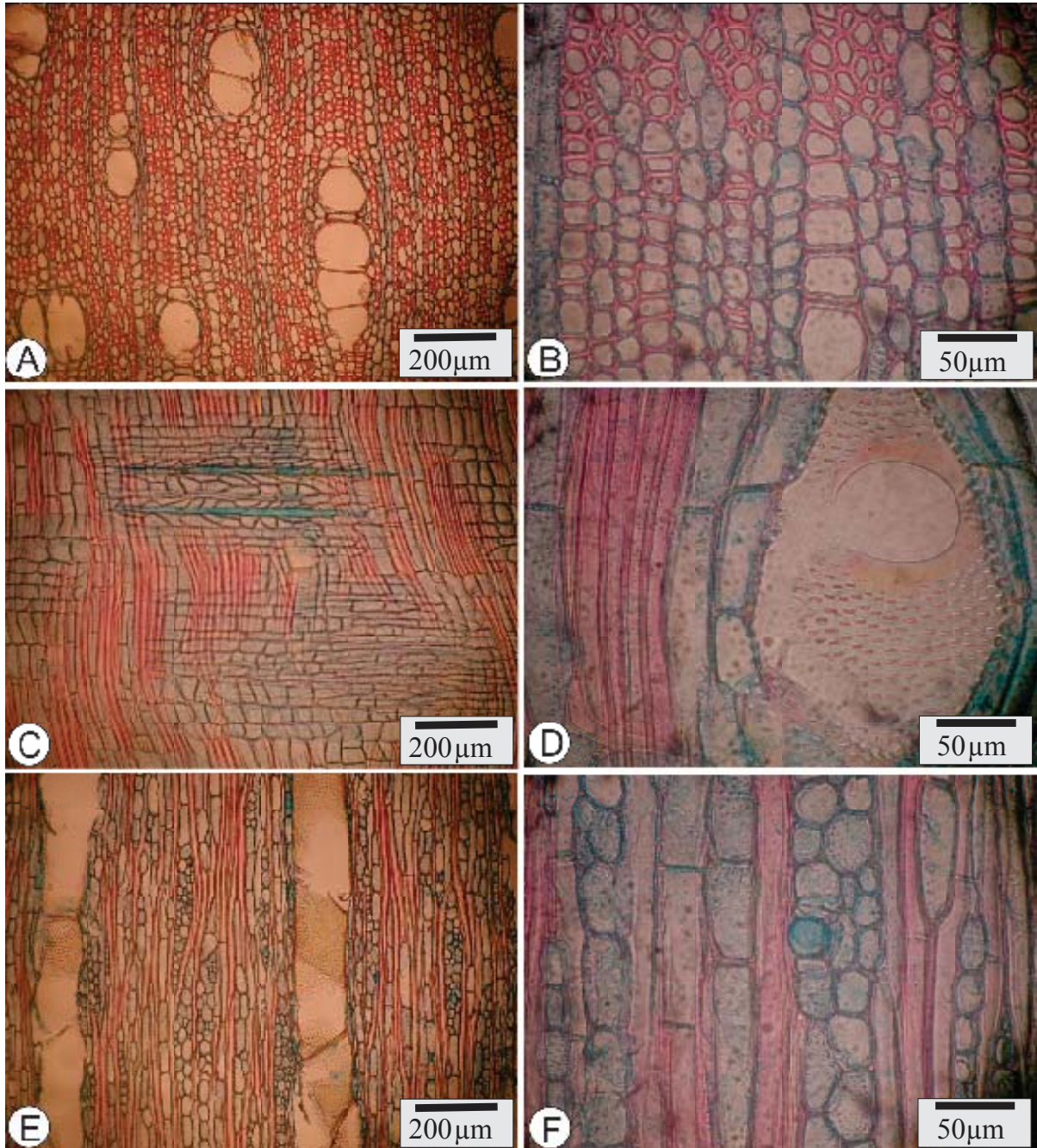


Figura 5 – Aspectos anatômicos do lenho de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch. A – Poros em múltiplos radiais, parênquima axial apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados, paratraqueal-vasicêntrico e vasicêntrico incompleto (seção transversal). B – Limite do anel de crescimento, poros em múltiplos radiais e parênquima axial (seção transversal). C – Raios heterogêneos, com canais radiais e células curto procumbentes alternadas com células eretas e quadradas (seção longitudinal radial). D – Fibras libriformes, parênquima axial paratraqueal, célula perfurada de raio e pontoações intervasculares alternas (seção longitudinal radial). E – Elementos vasculares com placas de perfuração perpendiculares e oblíquas e raios uni a trisseriados (seção longitudinal tangencial). F – Fibras libriformes, parênquima axial seriado, raios uni a trisseriados (seção longitudinal tangencial).

alternas, poligonais, por vezes horizontalmente estendidas e coalescentes, com abertura em fenda elíptica, cruzada, inclusa, não ornamentada (Figura 5 D, E). Pontoações raio-vasculares de diâmetro médio ($9 \pm 0,8$ ($8 - 10$) μm), com bordas reduzidas e aparentemente simples, alternas, por vezes opostas, circulares a elípticas e, não raro, horizontalmente estendidas, tendendo a escalariformes. Espessamentos espiralados e conteúdos, ausentes.

Parênquima axial: representando $17 \pm 5,4$ % do volume da madeira; em arranjos apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados, paratraqueal-vasicêntrico (geralmente uma linha em torno do vaso), e vasicêntrico incompleto (Figura 5 A, B). Séries parenquimáticas de 2 – 4 células e $427 \pm 82,1$ ($280 - 600$) μm de altura (Figura 5 D, E, F).

Raios: muito numerosos ($16 \pm 2,4$ ($13 - 21$) raios/mm), com 1 – 3 (4) células de largura, ocupando $30 \pm 2,7$ % do volume da madeira (Figura 5 E). Os unisseriados, de $416 \pm 187,4$ ($210 - 960$) μm e 3 – 12 células de altura, compostos de células eretas e quadradas (Figura 5 E, F). Os multisseriados, de $483 \pm 137,8$ ($270 - 750$) μm e 9 – 29 células de altura, heterogêneos, apresentam células quadradas e eretas no corpo central, alternadas com células curto-procumbentes (Figura 5 C) e margens unisseriadas com 1 – 5 células eretas ou quadradas. Raios fusionados e células perfuradas de raios, frequentes (Figura 5 D). Laticíferos, frequentes (Figura 5 C). Raios agregados, células envolventes, células de paredes disjuntas e cristais, ausentes.

Fibras: libriformes, com pontoações menores do que 3 μm , mais visíveis na face radial da parede, de comprimento médio ($1148 \pm 126,1$ ($910 - 1360$) μm), com $16 \pm 3,1$ ($10 - 22,5$) μm de diâmetro e paredes finas a espessas ($5,1 \pm 2,5$ ($2,5 - 6,0$) μm), ocupando $39 \pm 6,2$ % do volume da madeira (Figura 5 E, F). Fibras gelatinosas, abundantes. Fibras septadas, espessamentos espiralados e traqueídeos, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, células oleíferas, células mucilaginosas, estratificação, inclusões minerais, máculas medulares e canais intercelulares, ausentes.

5.1.6 *Euphorbia tirucalli* Thunb.

Anéis de crescimento: demarcados por delgada camada de fibras radialmente estreitas e mais espessas no lenho tardio, bem como pela abundância de fibras gelatinosas (Figura 6 B).

Vasos: poucos numerosos (14 ± 7 (3 – 21) poros/mm²), ocupando $3,5 \pm 0,8$ % do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros em múltiplos radiais de 2 – 7, solitários, menos frequentemente racemiformes, de seção circular, oval, por vezes poligonal (56 ± 17 (21 – 92,5) μm) e paredes finas ($3 \pm 0,7$ (2,5 – 5) μm) (Figura 6 A, B). Elementos vasculares de comprimento médio ($581 \pm 109,7$ (380 – 750) μm), com placas de perfuração simples, e apêndices curtos a longos, geralmente em uma extremidade. Pontoações intervasculares médias ($10 \pm 1,6$ (8 – 12) μm), alternas, poligonais, às vezes, horizontalmente estendidas e coalescentes, com abertura em fenda elíptica, inclusa, não ornamentada. Pontoações raio-vasculares de $12 \pm 1,6$ (10 – 14) μm de diâmetro, aparentemente simples, às vezes alternas, opostas, circulares, elípticas ou horizontalmente estendidas, tendentes a escalariformes (Figura 6 D). Espessamentos espiralados e conteúdos, ausentes.

Parênquima axial: representando $14 \pm 3,0$ % do volume da madeira; em arranjos apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (Figura 6 A, B). Séries parenquimáticas de 508 ± 72 (387,5 – 675) μm , compostas de 2 – 4 células (Figura 6 E).

Raios: muito numerosos ($20 \pm 1,2$ (18 – 21) raios/mm), com 1 – 2 células de largura, ocupando $27 \pm 4,4$ % do volume da madeira (Figura 6 E, F). Os unisseriados (bisseriados, pouco frequentes), de 628 ± 185 (250 – 1010) μm e 15 (6 – 24) células de altura, são heterogêneos e reúnem fileiras alternadas de células procumbentes, quadradas, eretas, eventualmente fusionados, com alternância de porções unisseriadas e bisseriadas e presença de tubos laticíferos; os bisseriados, mais largos e com laticíferos. Células perfuradas de raio, frequentes. Laticíferos radiais, abundantes (Figura 6 E, F). Raios agregados, células envoltentes, cristais, e células radiais de paredes disjuntas, ausentes. Células mucilaginosas, com abundante conteúdo escuro em corte transversal, pegajoso.

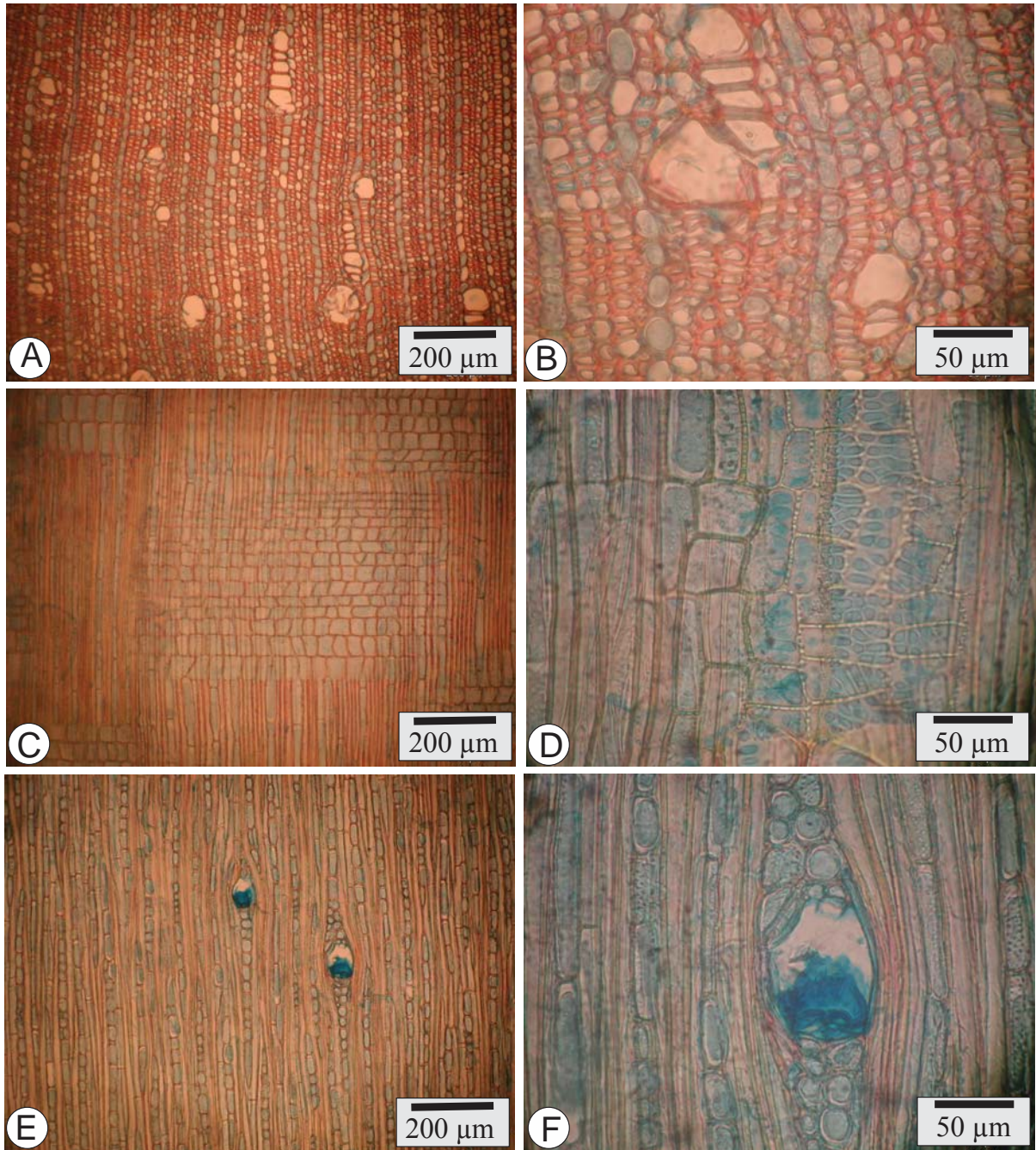


Figura 6 – Aspectos anatômicos do lenho de *Euphorbia tirucalli* Thunb. A – Poros em múltiplos radiais e solitários, parênquima axial apotraqueal difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (seção transversal). B – Limite do anel de crescimento, com fibras achatadas, poros em múltiplos radiais e solitários e parênquima axial (seção transversal). C – Raio heterogêneo com células curtamente procumbentes alternadas com células eretas e quadradas (seção longitudinal radial). D – Parte de raio com pontoações simples, opostas e radialmente estendidas (seção longitudinal radial) E – Canais radiais e raios uni e bisseriados (seção longitudinal tangencial). F – Canal radial, fibras libriformes e raios unisseriados (seção longitudinal tangencial).

Fibras: libriformes com pontoações menores do que 3 μm , mais visíveis na face radial da parede; de comprimento médio ($1010 \pm 75,5$ (810 – 1150) μm), com 11 ± 2 (7,5 – 15) μm de diâmetro e paredes finas ($4 \pm 0,7$ (2,5 – 5) μm), ocupando 54 ± 4 % do volume da madeira (Figura 6 A, B, F). Fibras gelatinosas, abundantes. Fibras septadas, espessamentos espiralados e traqueídeos, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, células oleíferas, estratificação, inclusões minerais, máculas medulares e canais intercelulares, ausentes.

5.1.7 *Sapium haemospermum* Müll. Arg.

Anéis de crescimento: demarcados, fracamente, por delgada camada de fibras radialmente estreitas no lenho tardio e por vasos de maior diâmetro no início do anel seguinte (Figura 7 A, B).

Vasos: pouco numerosos ($7 \pm 2,2$ (4 – 10) poros/ mm^2), ocupando $10 \pm 6,6$ % do volume da madeira. Porosidade difusa. Poros em múltiplos radiais de 2-5, solitários, menos frequentemente racemiformes, de seção circular a oval, com diâmetro médio (129 ± 37 (47,5 – 183) μm) e paredes finas ($4 \pm 0,7$ (2,5 – 5) μm) (Figura 7 A, B). Elementos vasculares de comprimento médio (566 ± 104 (310 – 770) μm), com placas de perfuração simples, circulares, e apêndices geralmente em uma extremidade. Pontoações intervasculares grandes ($11 \pm 0,6$ (10 – 12,5) μm), alternas, poligonais, às vezes coalescentes, com abertura em fenda elíptica, inclusa, não ornamentada (Figura 7 F). Pontoações raio-vasculares com aréolas reduzidas, aparentemente simples, alternas, tendentes a opostas, circulares e/ou alongadas, e de diâmetro médio ($8 \pm 0,7$ (7 – 9,5) μm) (Figura 7 D). Espessamentos espiralados e conteúdos, ausentes.

Parênquima axial: representando $18 \pm 2,0$ % do volume da madeira; em arranjos apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal escasso (Figura 7 A, B). Séries parenquimáticas de 324 ± 93 (150 – 387) μm , compostas de 2 – 4 células (Figura 7 E).

Raios: muito numerosos ($14 \pm 1,1$ (12 – 15) raios/ mm), com 1 – 2 células de largura, ocupando $28 \pm 4,7$ % do volume da madeira (Figura 7 E, F). Raios uni e bisseriados, de 351 ± 132 (180 – 590) μm e 9 (5-17) células de altura, heterogêneos, reunindo células procumbentes

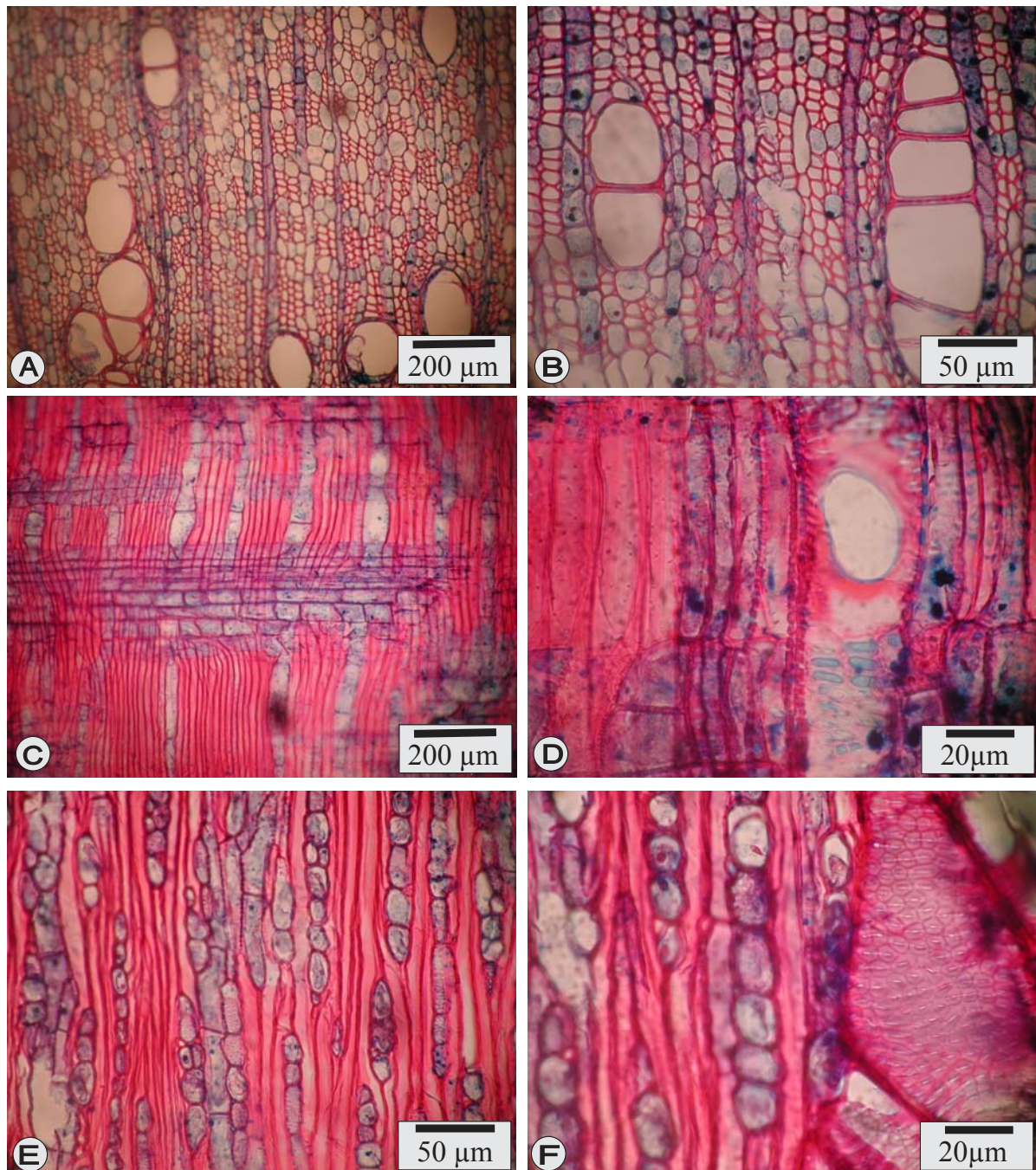


Figura 7 – Aspectos anatômicos do lenho de *Sapium haematospermum* Müll. Arg. A – Seção transversal, mostrando poros solitários, em múltiplos racemiformes, e parênquima apotraqueal difuso-em-agregados. B – Mesma seção, destacando poros em curtos múltiplos radiais, parênquima apotraqueal difuso-em-agregados e fibras de paredes finas. C – Raio heterogêneo, com células procumbentes eretas e quadradas, eventualmente com cristais (seção longitudinal radial). D – Seção longitudinal radial, mostrando placas de perfuração simples e pontoações raio-vasculares estendidas, opostas (seção longitudinal tangencial). E – Raios uni e bisseriados e parênquima axial em séries. F – Vasos com pontoações intervasculares poligonais, alternas, e raios unisseriados (seção longitudinal tangencial).

no corpo central e fileiras de células quadradas e/ou eretas, nas margens, frequentemente com cristais (Figura 7 C, E, F). Células perfuradas de raios, presentes. Raios fusionados,

frequentes. Raios agregados, células radiais de paredes disjuntas, laticíferos e células envolventes, ausentes.

Fibras: com pontoações simples (de diâmetro inferior a 3 μm), mais visíveis na face radial da parede; de comprimento médio com 1245 ± 136 (1020 – 1500) μm , e 24 ± 4 (17 – 35) μm de diâmetro, de paredes finas $3,5 \pm 0,6$ (2 – 4,5) μm e seção frequentemente retangular, ocupando $43,7 \pm 4,7$ % do volume da madeira (Figura 7 A, B). Fibras gelatinosas, ausentes. Fibras septadas, espessamentos espiralados e traqueídeos, ausentes.

Outros caracteres: variantes cambiais, células oleíferas, células mucilaginosas e estratificação, ausentes. Máculas medulares, ausentes. Inclusões minerais, na forma de cristais prismáticos, dispersos em células eretas e quadradas da margem de raios.

5.2 Análise da estrutura do lenho das espécies descritas

5.2.1 Anéis de crescimento e porosidade

Record e Hess (1943) atribuíram para as Euphorbiaceae, anéis de crescimento frequentemente distintos ou indistintos. No presente estudo, as espécies descritas apresentam porosidade difusa e anéis de crescimento distintos ou pouco distintos, na maioria, e delimitados por fina camada de fibras radialmente achatadas, com frequente presença de fibras gelatinosas, com exceção de *Bernardia pulchella* e *Croton pycnocephalus*, que possuem anéis de crescimento indistintos, e de *Sapium haematospermum* que apresenta poros de maiores diâmetros no início do anel (Figura 8).

Nas Euphorbiaceae, é comum a presença de porosidade difusa e anéis de crescimento indistintos ou pouco distintos, delimitados pelo achatamento das paredes de fibras. Estas características foram observadas por León e Chavarry (2006), na Venezuela, em *Mabea piriri* Aubl., *Maprounea guianensis* Aubl. e *Sapium laurifolium* (A. Rich.) Griseb., espécies com anéis de crescimento distintos ou pouco distintos; *Hura crepitans* L., *Sapium aubletianum*

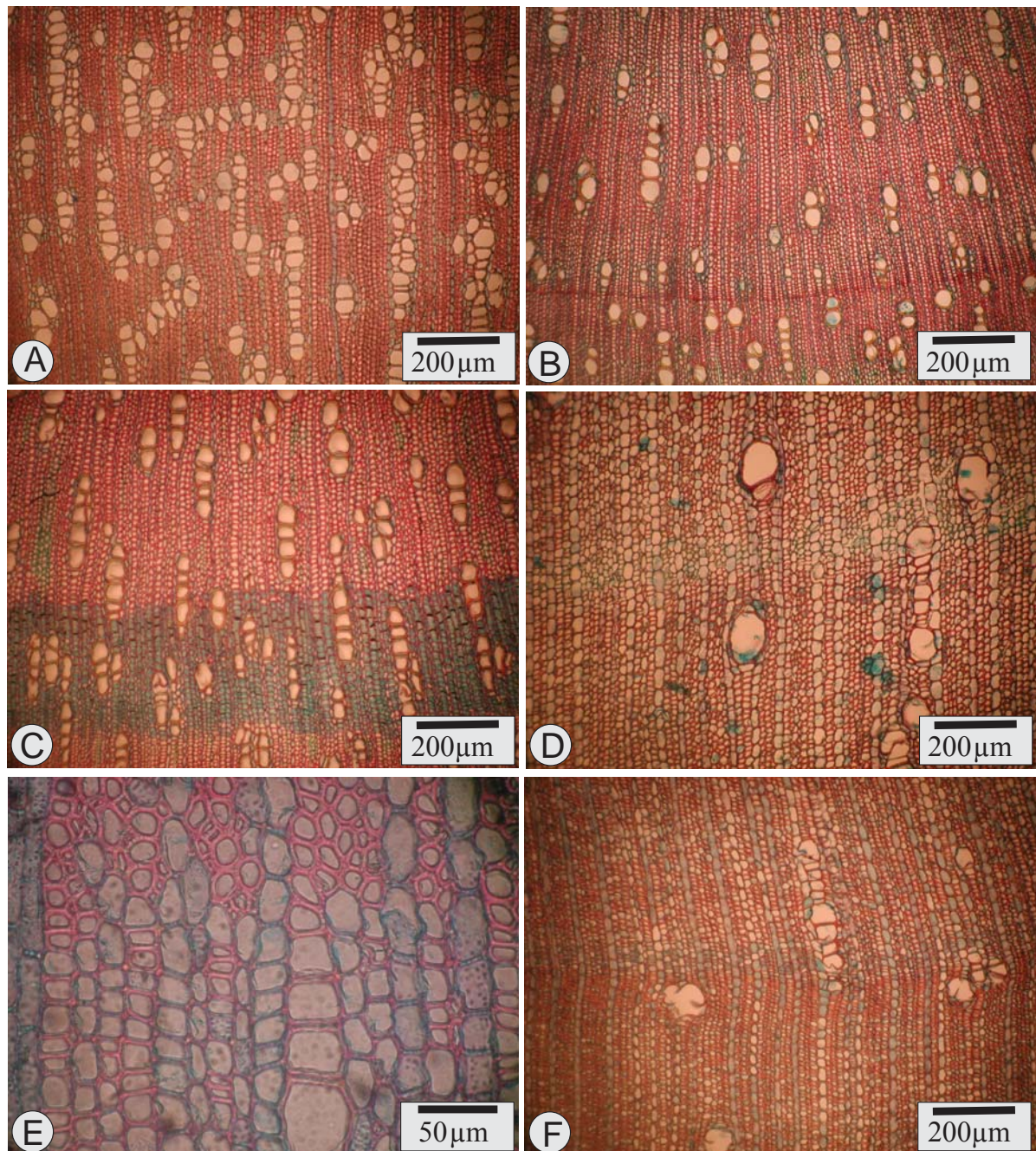


Figura 8 – Porosidade difusa e anéis de crescimento das espécies descritas em seção transversal. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com anéis de crescimento indistintos. B – *Croton dracunculoides* Baill. com anéis de crescimento distintos. C – *Croton pycnocephalus* Baill. com anéis de crescimento indistintos. D – *Euphorbia cotinifolia* L. com anéis de crescimento fracamente distintos. E – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch. com anéis de crescimento distintos. F – *Euphorbia tirucalli* Thunb. com anéis de crescimento distintos.

(Müll. Arg.) Huber, *Sapium glandulosum* (L.) Morong e *Sapium stylare* Müll. Arg., possuem, por sua vez, com anéis de crescimento indistintos.

Marchiori et al. (2009, 2010, 2011), também observaram porosidade difusa e anéis de crescimento distintos ou pouco distintos, delimitados pelo achatamento de fibras em: *Alchornea triplinervia* Müll. Arg., *Sapium glandulosum* Morong, *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg., *Sebastiania brasiliensis* Spreng. e *Sebastiania commersoniana* (Baill.) LBSm. & JRDowns.

Mennega (2005), em estudo de 82 espécies e 54 gêneros da subfamília Euphorbioideae constatou porosidade difusa e anéis de crescimento distintos ou pouco distintos, nos gêneros: *Actinostemon*, *Gymnanthes*, *Pseudosenefeldera*, *Rhodothyrsus*, *Pimelodendron*, *Plagiostyles*, *Neachornea*, *Homalanthus*, *Colliguaja*, *Dendrothrix*, *Falconeria*, *Grimmeodendron*, *Maprounea*, *Pleradenophora*, *Sapium*, *Sebastiania*, *Senefelderopsis*, *Shirakiopsis*, *Spirostachys*, *Stillingia*, *Triadica*, *Pachystroma*, *Anthostema*, *Dichostemma*, *Chamaesyce* e *Elaeophorbia*. Também constatou porosidade difusa e anéis de crescimento indistintos nos gêneros: *Hippomane*, *Mabea*, *Neoshirakia*, *Neoguillauminia*, *Pedilanthus* e *Synadenium*. De acordo com a mesma autora, os gêneros *Pseudosenefeldera*, *Rhodothyrsus* e *Sclerocroton* apresentaram porosidade tendendo a anel ou em anel.

Hayden e Hayden (2000), também constataram porosidade difusa e anéis de crescimento indistintos ou pouco distintos em estudo de 51 gêneros representando 19 tribos de Acalyphoideae.

Santos e Marchiori (2010) atribuíram, à maioria das espécies descritas no Rio Grande do Sul, anéis de crescimento distintos e porosidade difusa. O predomínio do padrão difuso é tendência geral verificada em Dicotiledôneas (METCALFE; CHALK, 1972; WHEELER et al., 2007) e em espécies brasileiras (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; MATTOS et al., 2003).

A porosidade difusa, de acordo com Eames (1961) e Gilbert (1940), é condição mais primitiva do que a porosidade em anel. Contudo, há divergência de opinião a este respeito, sendo o tipo de porosidade interpretado por alguns anatomistas como de natureza ecológico adaptativa.

Roig (1986), Baas e Schweingruber (1987) e Baas et al. (1983) 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 precipitação pluviométrica muito baixa, ao passo que as porosidades semi-difusa e difusa caracterizam locais úmidos ou anos mais chuvosos.

Alves e Angyalossy-Alfonso (2000), verificaram que tendências no arranjo, agrupamento de vasos e camadas de crescimento estão mais relacionados com a latitude do que com o clima, temperatura, umidade, vegetação ou altitude. No entanto, Baas e Carlquist (1985), em estudo comparativo de floras do sul da Califórnia e de Israel, não puderam reconhecer nenhuma tendência ecológica para este tipo de característica.

5.2.1 Vasos

Os vasos das espécies descritas, de modo geral, concordam com as referências de Record e Hess (1943), Metcalfe e Chalk (1972) e Mennega (2005): poros em curtos múltiplos radiais, elementos vasculares de comprimento médio com apêndices, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas, não ornamentadas, com abertura em fenda inclusa.

Muitos pesquisadores têm demonstrado que variações ambientais refletem, principalmente, nas dimensões de elementos celulares, notadamente, em diâmetro, comprimento e frequência de vasos (BAAS et al., 1983; CARLQUIST; HOEKMAN, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987).

De acordo com Zang et al. (1992), o diâmetro de vasos é provavelmente a variável mais importante para garantir a eficiência na condução de água: 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 na condução de água, principalmente no que se refere à embolismos locais (BAAS et al., 1983).

Neste estudo, também se comprovam tais relações (Figura 9, 10). As espécies do gênero *Euphorbia* e *Sapium haematospermum*, com menor frequência de poros (abaixo de 14v/mm²), possuem maiores diâmetros e variação na amplitude de vasos. As espécies, *Bernardia pulchella*, *Croton dracunculoides* e *C. pycnocephalus*, que apresentam maior frequência de poros (acima de 85v/mm²), possuem menores amplitudes de variação dos poros

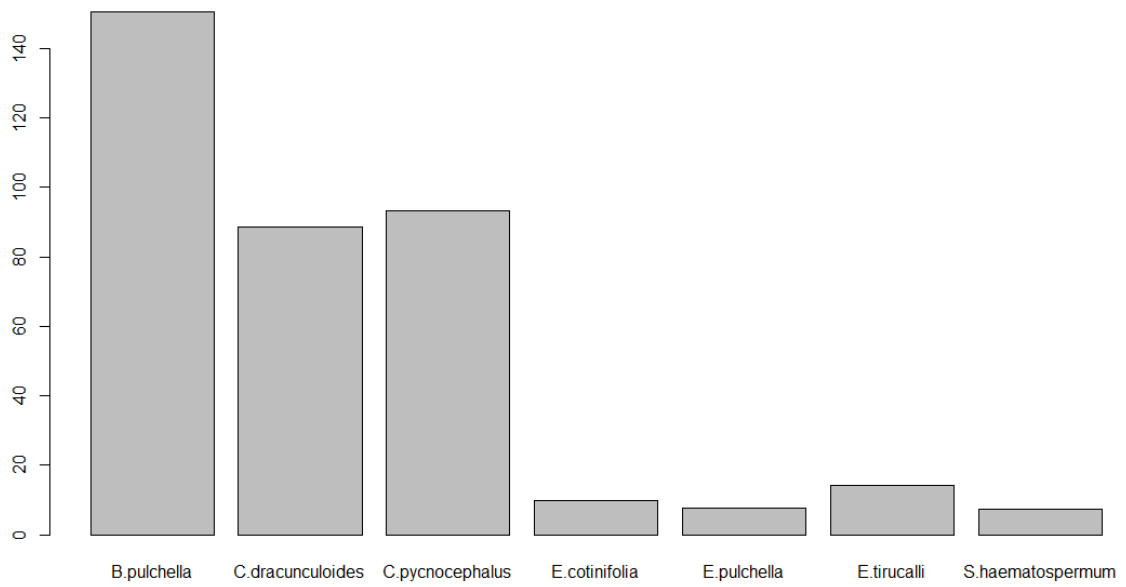


Figura 9 – Frequência média de poros (poros/mm²) das espécies descritas.

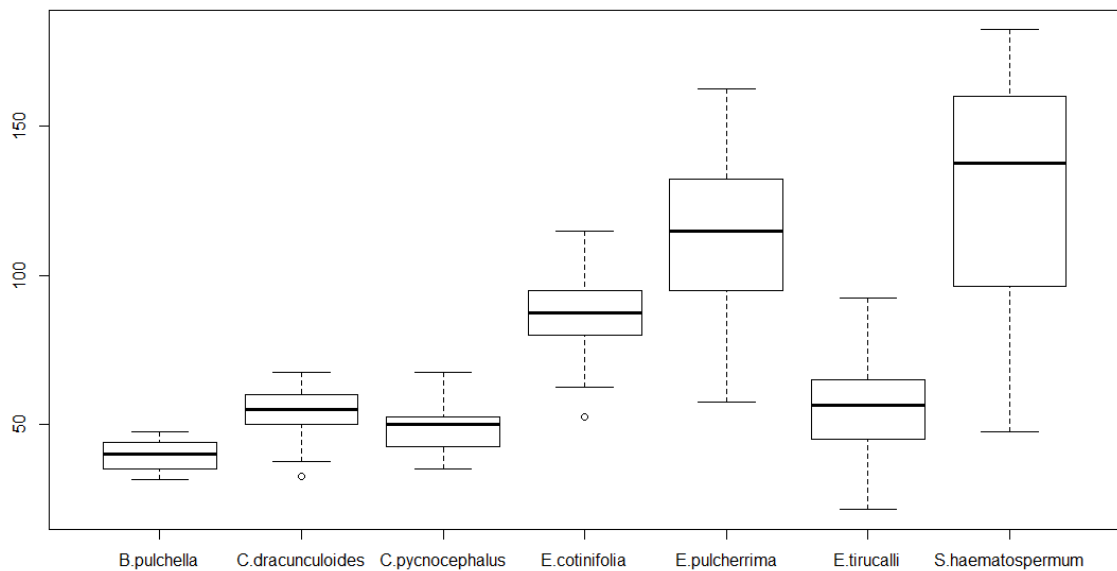


Figura 10 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do diâmetro de vasos das espécies descritas em micrômetros (µm).

e também menores diâmetros. Dessa maneira, em ambos os casos, a eficiência e a segurança na condução de água, se encontram asseguradas.

Neste mesmo sentido, o agrupamento de poros, isto é, o contato entre os poros, também é considerado um elemento importante, tanto na eficiência como na segurança da condução, devido à garantia da possibilidade de maiores deslocamentos do comprimento da coluna de água, uma vez que representa rotas alternativas, no caso da ocorrência de embolias (LINDORF, 1997; VILLALBA; ROIG, 1997; LEÓN, 2005). As espécies descritas no presente estudo apresentam poros em múltiplos radiais, associados com poros simples e racemiformes, estando em consonância, com o estudo de Santos e Marchiori (2010), que apontaram esse tipo de arranjo para a maioria das espécies ocorrentes no estado do Rio Grande do Sul.

O arranjo de poros em múltiplos radiais, todavia, de acordo com Pérez (1989) e Lindorf (1994), é característico em quase 90% de espécies ocorrentes em bosque tropical muito seco. Em relação a este aspecto, o Rio Grande do Sul é de clima nitidamente ombrófilo e, segundo Santos e Marchiori (2010), tal predomínio pode resultar de um clima pretérito mais seco, ou ser uma resposta a fatores estressantes, caso da elevada variação da temperatura do estado ao longo do ano.

Cabe salientar, ainda, que o tipo de arranjo de poros também é fortemente relacionado ao grupo taxonômico. Por exemplo, em Asteraceae, os padrões dentrítico ou 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).

Para Dickison (1975), a mudança de distribuição de poros de solitários a grandes agrupamentos é importante tendência da especialização dos elementos vasculares. Nesse sentido, a presença de poros em múltiplos radiais e solitários, nas espécies descritas, atesta evolução intermediária da família Euphorbiaceae.

Pontoações areoladas alternas, observadas nas espécies descritas, também são consideradas mais evoluídas, em comparação com os tipos escalariformes e opostos, além de serem mais eficientes para a condução de água (LEÓN, 2005).

O diâmetro tangencial das pontoações intervasculares, de acordo com Marcati et al. (2001) e León (2005), é caráter conservativo para espécies, gêneros ou mesmo famílias botânicas, independentemente do local de ocorrência. Este caráter varia de modo considerável

entre os diferentes gêneros descritos (Figura 11), permitindo a distinção dos mesmos: em *Croton*, as pontoações são inferiores a 6 μm de diâmetro; em *Euphorbia*, são em média 10 μm de diâmetro; e finalmente, em *Bernardia pulchella* e *Sapium haematospermum*, as pontoações são superiores a 10 μm .

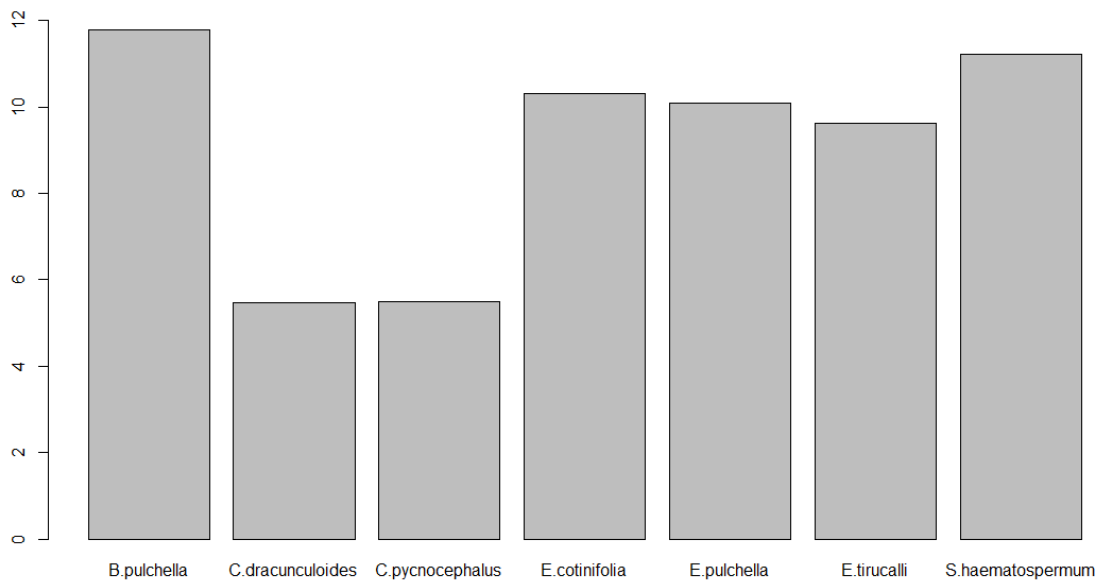


Figura 11 – Diâmetro médio das pontoações intervasculares em micrômetros (μm) das espécies descritas.

As pontoações raio-vasculares (Figura 12), por sua vez, são na maioria, simples ou aparentemente simples, alternas, frequentemente opostas e alongadas tendentes a escalariformes, o que atesta grau de evolução intermediário do grupo em questão, com exceção das espécies de *Croton*, gênero mais evoluído, neste aspecto, com pontoações areoladas alternas.

O comprimento de vasos das espécies descritas (Figura 13), por sua vez, varia entre 350-800 μm , o que segundo o IAWA (1989), caracteriza-os como tamanhos médios. Estes mesmos valores foram encontrados por Barros et al. (2006), em remanescentes florestais no Rio de Janeiro, por Woodcock et al. (2000) na Amazônia Peruana, e por León (2005), em um bosque seco da Venezuela.

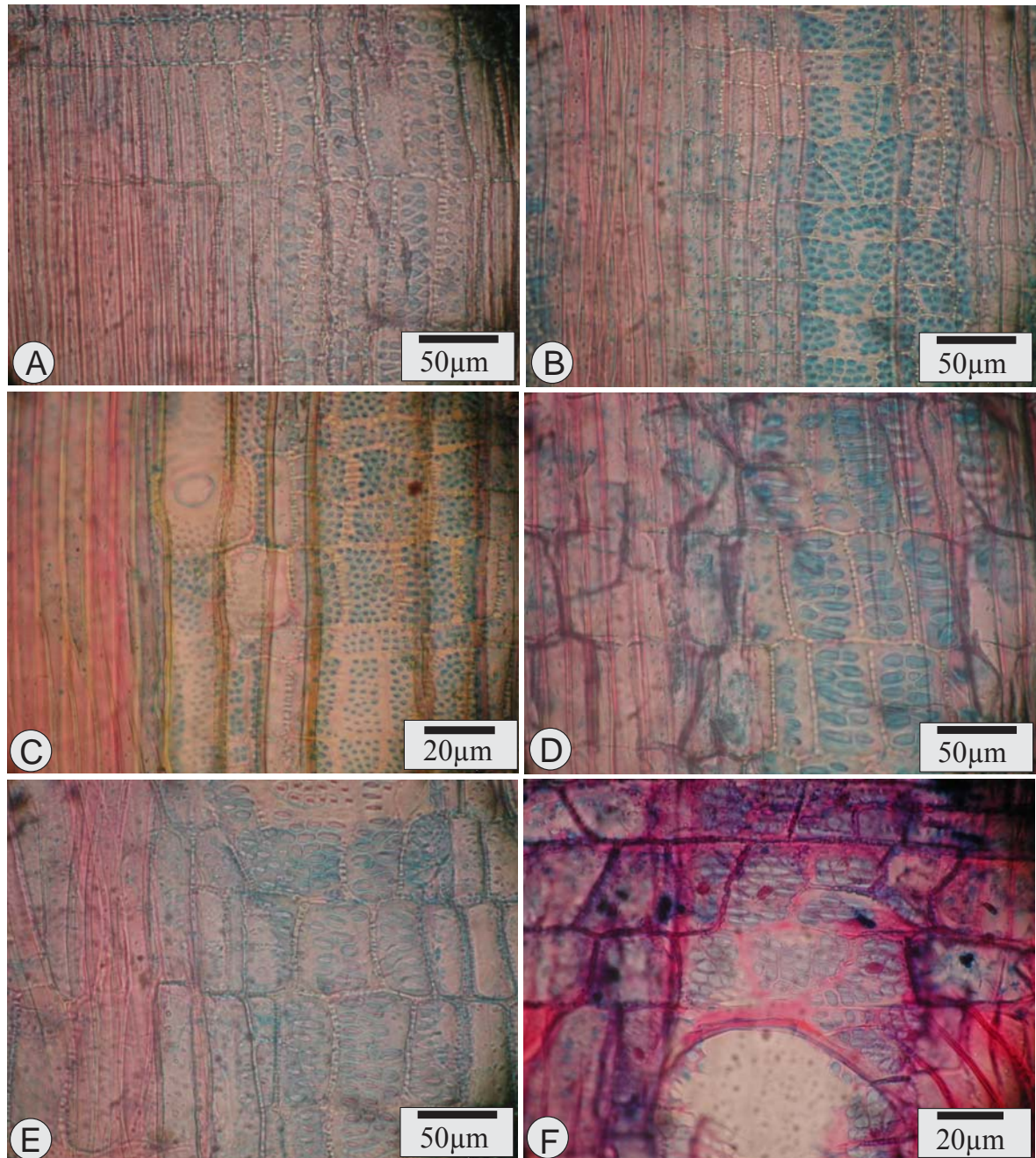


Figura 12 – Pontoações raio-vasculares das espécies descritas em seção longitudinal radial. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com pontoações areoladas alternas, por vezes, alongadas. B – *Croton dracunculoides* Baill. com pontoações areoladas, pequenas. C – *Croton pycnocephalus* Baill. com pontoações areoladas, pequenas. D – *Euphorbia cotinifolia* L. com pontoações aparentemente simples, alternas, por vezes, opostas e horizontalmente alongadas. E – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch com pontoações aparentemente simples, alternas, por vezes, opostas e horizontalmente estendidas. F – *Sapium haemospermum* Müll. Arg. com pontoações aparentemente simples, alternas, tendentes a opostas, por vezes, alongadas.

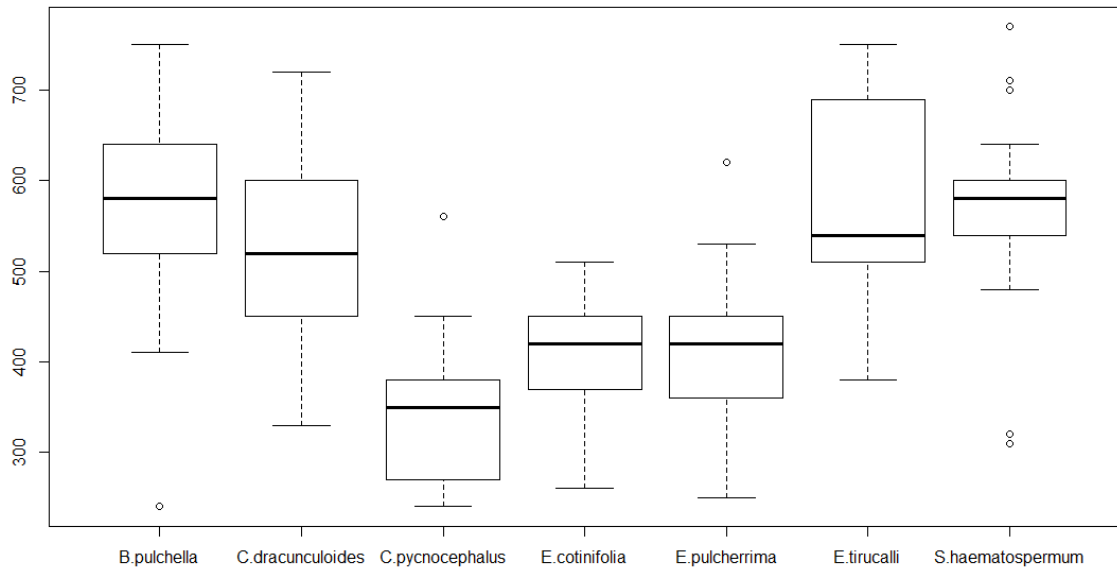


Figura 13 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do comprimento de vasos das espécies descritas em micrômetros (μm).

Em espécies do Rio Grande do Sul, no entanto, Santos e Marchiori (2010), observaram, em sua maioria, elementos vasculares curtos ($< 350 \mu\text{m}$). Cabe salientar, todavia, que o grupo taxonômico pode ter grande influência no comprimento de elementos vasculares. Em Leguminosae e Compositae (Asteraceae), por exemplo, predominam elementos vasculares curtos (METCALFE; CHALK, 1972), ao contrário de Myrtaceae, família com predominância de elementos vasculares médios (VLIET; BAAS, 1984).

O comprimento de vasos, no presente estudo, serve de auxílio para separação de algumas espécies do mesmo gênero. Por exemplo, *Croton dracunculoides* apresenta elementos vasculares de maior dimensão linear do que *C. pycnocephalus*; *Euphorbia tirucalli*, por sua vez, apresenta vasos de maior comprimento do que *E. cotinifolia* e *E. pulcherrima*.

A maioria das espécies descritas apresenta placas de perfuração simples e apêndices, geralmente em uma extremidade (Figura 14). De acordo com Santos e Marchiori (2010), cerca de 94% das espécies sul-riograndense apresentam este tipo de placa de perfuração. Percentuais semelhantes são referidos, também, por Alves e Angyalossy-Alfonso (2000), Matos et al. (2003) e Barros et al. (2006), para outras regiões do Brasil. Segundo Wheeler (1986), o lenho da maioria das espécies arbóreas (80%) possui placas de perfurações simples.

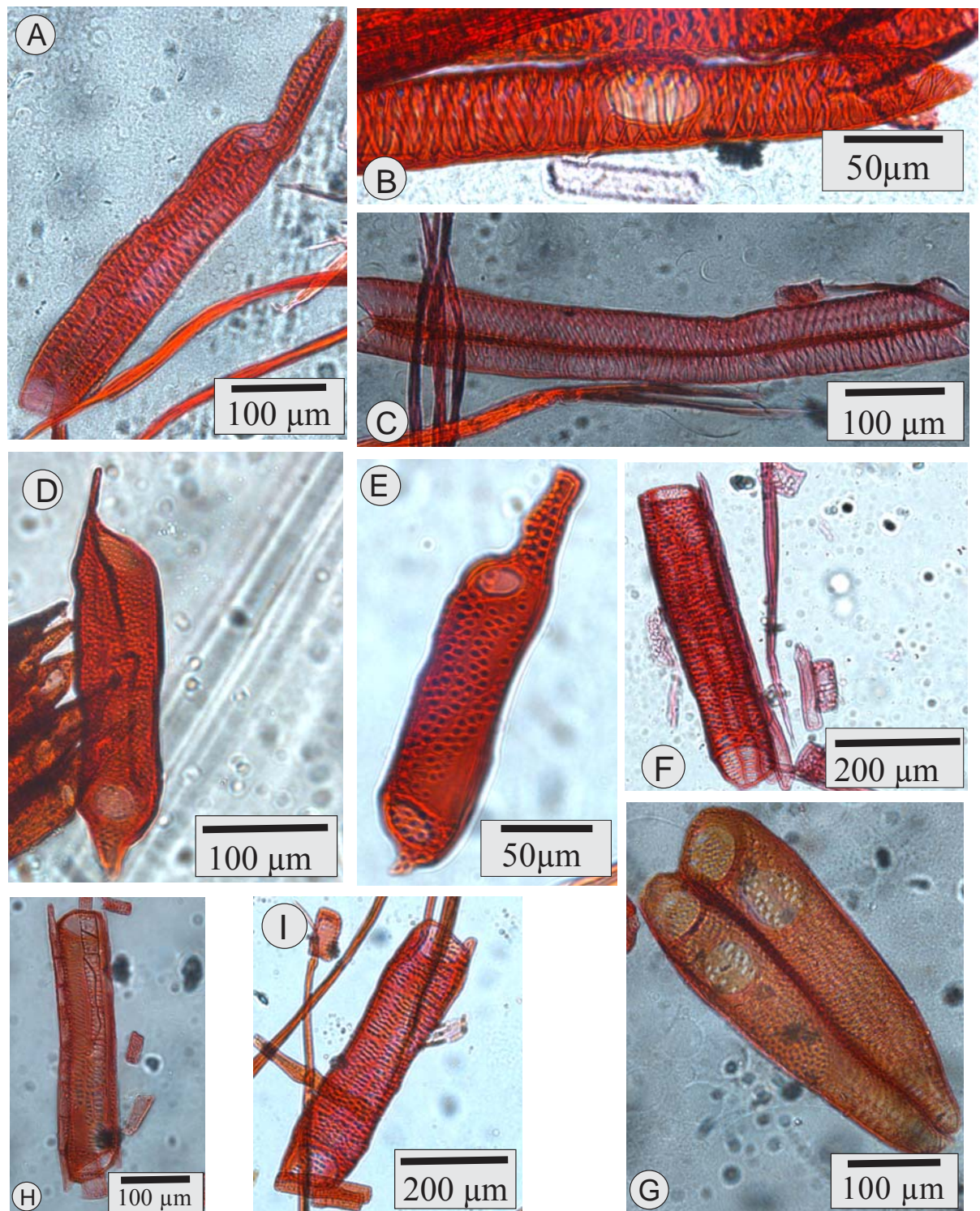


Figura 14 – Elementos de vaso das espécies descritas (macerado). A, B, C – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com espessamentos espiralados e placas de perfuração simples. D – *Croton dracunculoides* Baill. com placas de perfuração simples e apêndices curtos a longos. E – *Croton pycnocephalus* Baill. com placas de perfuração simples e apêndices. F – *Euphorbia cotinifolia* L. com placas de perfuração simples. G – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch. com placas de perfuração simples. H – *Euphorbia tirucalli* Thunb. com placas de perfuração simples. I – *Sapium haematospermum* Müll. Arg. com placas de perfuração simples.

Wheeler e Baas (1991) consideram também que as placas de perfuração simples sejam mais eficientes quanto à demanda do intenso fluxo de água, imposta pelas altas taxas de transpiração, em regiões secas e quentes. Chalk (1933) considera o tipo simples mais evoluído, em relação aos tipos escalariformes e reticulado. Já a presença de apêndices longos em vasos, de acordo com Metcalfe e Chalk (1972), Dickison (1975) e Baas (1982), é indicativo de maior primitividade que os de paredes terminais transversais.

Quanto à presença de espessamentos espiralados, apenas a espécie *Bernardia pulchella* apresenta esta característica. Estas saliências de microfibrilas são frequentes em regiões temperadas (CARLQUIST, 1975; BAAS et al., 1983; BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987; WHEELER et al., 2007), em ambientes secos (WEBBER, 1936; CARLQUIST, 1966, CARLQUIST; HOEKMAN, 1985) e também está relacionada com a altitude (GRAAF; BAAS, 1974; METCALFE; CHALK, 1983). De acordo com Santos e Marchiori (2010), cerca de 30% das espécies ocorrentes no estado do Rio Grande do Sul apresentam espessamentos espiralados, em consonância com a distribuição latitudinal do caráter.

Em relação à fração de poros (Figura 15), cabe salientar de início, que a característica é pouco contemplada em estudos anatômicos. No presente estudo, esta varia de modo considerável entre 5-20%. *E. tirucalli* tem menos de 5%, *E. cotinifolia*, *S. haematospermum* e *E. pulcherrima* entre 9-13%, e *B. pulchella*, *Croton dracunculoides* e *C. pycnocephalus* entre 15-19%. Valores dentro desta faixa foram também encontrados por Marchiori et al. (2011) para espécies de *Actinostemon concolor* (17%), *Sebastiania brasiliensis* (9%) e *Sebastiania commersoniana* (8%).

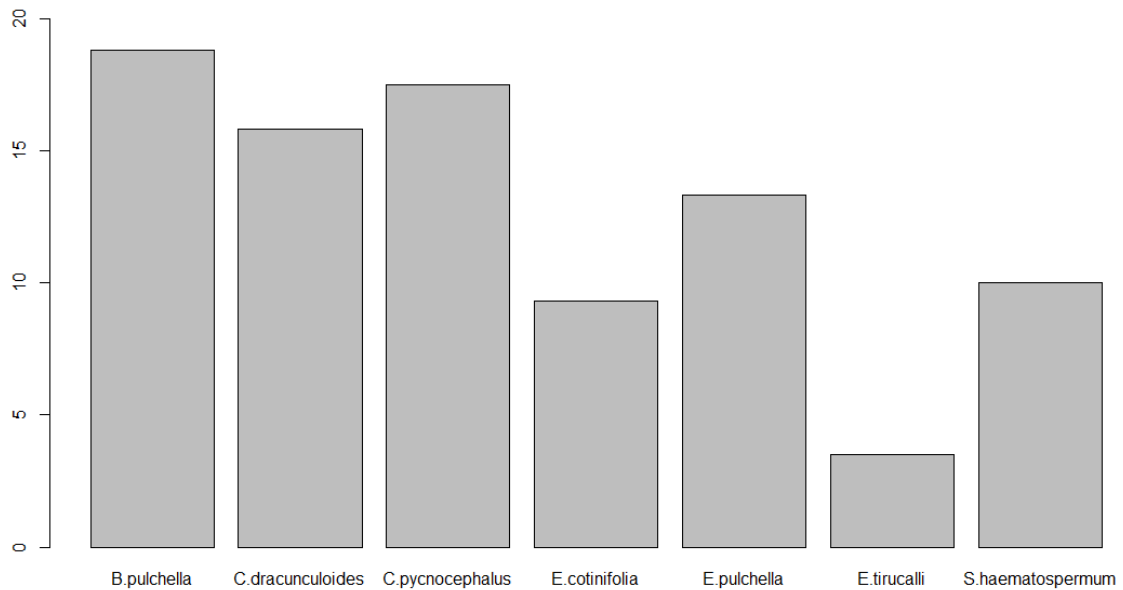


Figura 15 – Fração média de poros das espécies descritas (%).

5.2.2 Parênquima axial

O parênquima axial, nas espécies descritas, é pouco variável. As espécies *Bernardia pulchella*, *Croton dracunculoides* e *Croton pycnocephalus*, apresentam parênquima paratraqueal-escasso; *Euphorbia cotinifolia* e *Euphorbia pulcherrima*, parênquima apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso; *Euphorbia pulcherrima*, parênquima apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-vasicêntrico; *Sapium haemospermum*, por sua vez, apresenta parênquima apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso (Figura 18). Estes padrões de parênquima axial são frequentemente citados em relação à família Euphorbiaceae por Record e Hess (1943), Metcalfe e Chalk (1972), León e Chavarri (2006), Marchiori et al. (2011), Hayden e Hayden (2000) e Mennega (2005).

O número de células do parênquima axial das espécies descritas foi razoavelmente constante entre 2-4 células, podendo ocorrer até 5 ou 6 células em algumas espécies. Valores em consonância com estudos de Hayden e Hayden (2000) e Mennega (2005) para subfamílias Acalyphoideae, Euphorbioideae e Crotonoideae.

A altura média das séries de parênquima axial mostra relativa variação em dimensão linear, entre 300 a 500 μm (Figura 16). Valores pouco superiores foram observados por Marchiori et al. (2011), em *Actinostemon concolor* (564), *Sebastiania brasiliensis* (593) e *Sebastiania commersoniana* (526).

Em relação à fração de parênquima axial (Figura 17), *Bernardia pulchella*, *Croton dracunculoides* e *C. pycnocephalus* apresentam parênquima abaixo de 5%. As outras espécies possuem parênquima axial entre 10-18%. A fração de parênquima é pouco analisada em estudos anatômicos. Valores de 9-14% são citados por Marchiori et al. (2011) para algumas espécies de Euphorbiaceae.

Segundo Kribs (1935), o parênquima apotraqueal-difuso é mais primitivo que os arranjos agregados, em faixas apotraqueais e os vários tipos de paratraqueais. Para Chalk (1937) o parênquima paratraqueal é característica de madeira com estrutura altamente especializada.

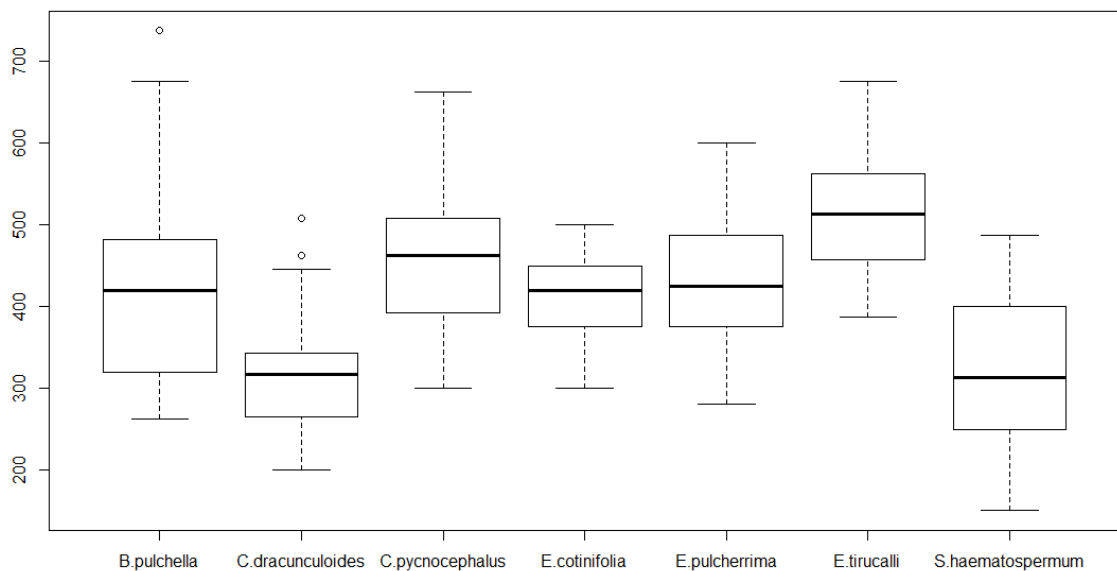


Figura 16 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do parênquima axial em micrômetros (μm) das espécies descritas.

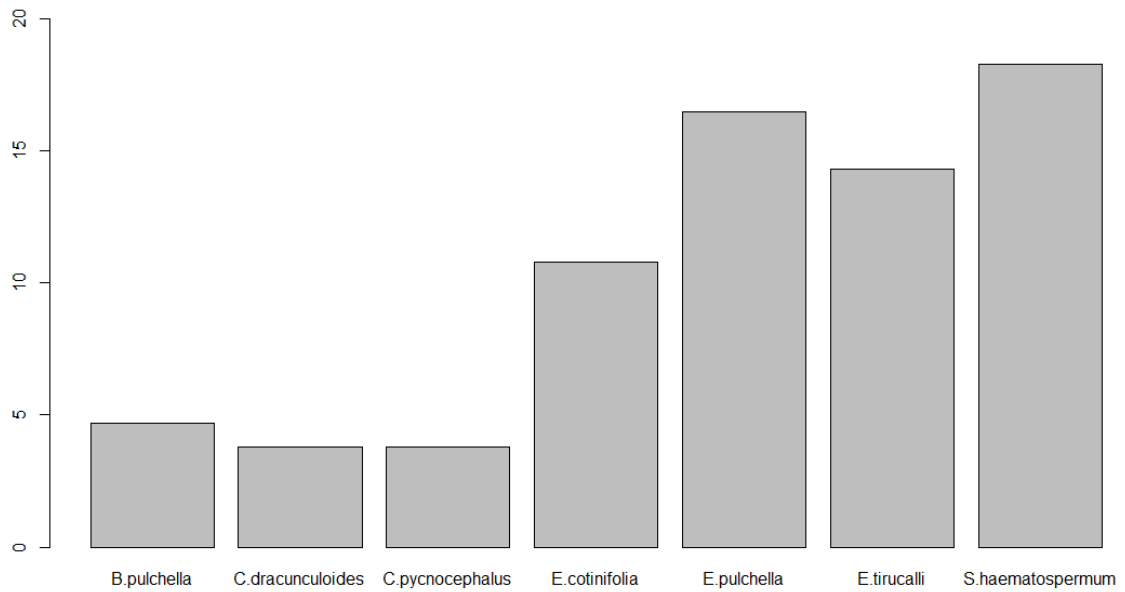


Figura 17 – Fração média de parênquima axial das espécies descritas (%).

Para Baas (1973), o parênquima axial está associado à distribuição geográfica: espécies temperadas têm parênquima difuso muito escasso, as de clima subtropicais e tropicais têm parênquima mais abundante, tanto difuso como difuso-em-agregados. Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), em estudo de espécies brasileiras, detectaram que o parênquima paratraqueal está associado a latitudes mais baixas, clima portanto, mais quente, e o parênquima apotraqueal, a latitudes mais elevadas e, conseqüentemente, ao clima mais frio.

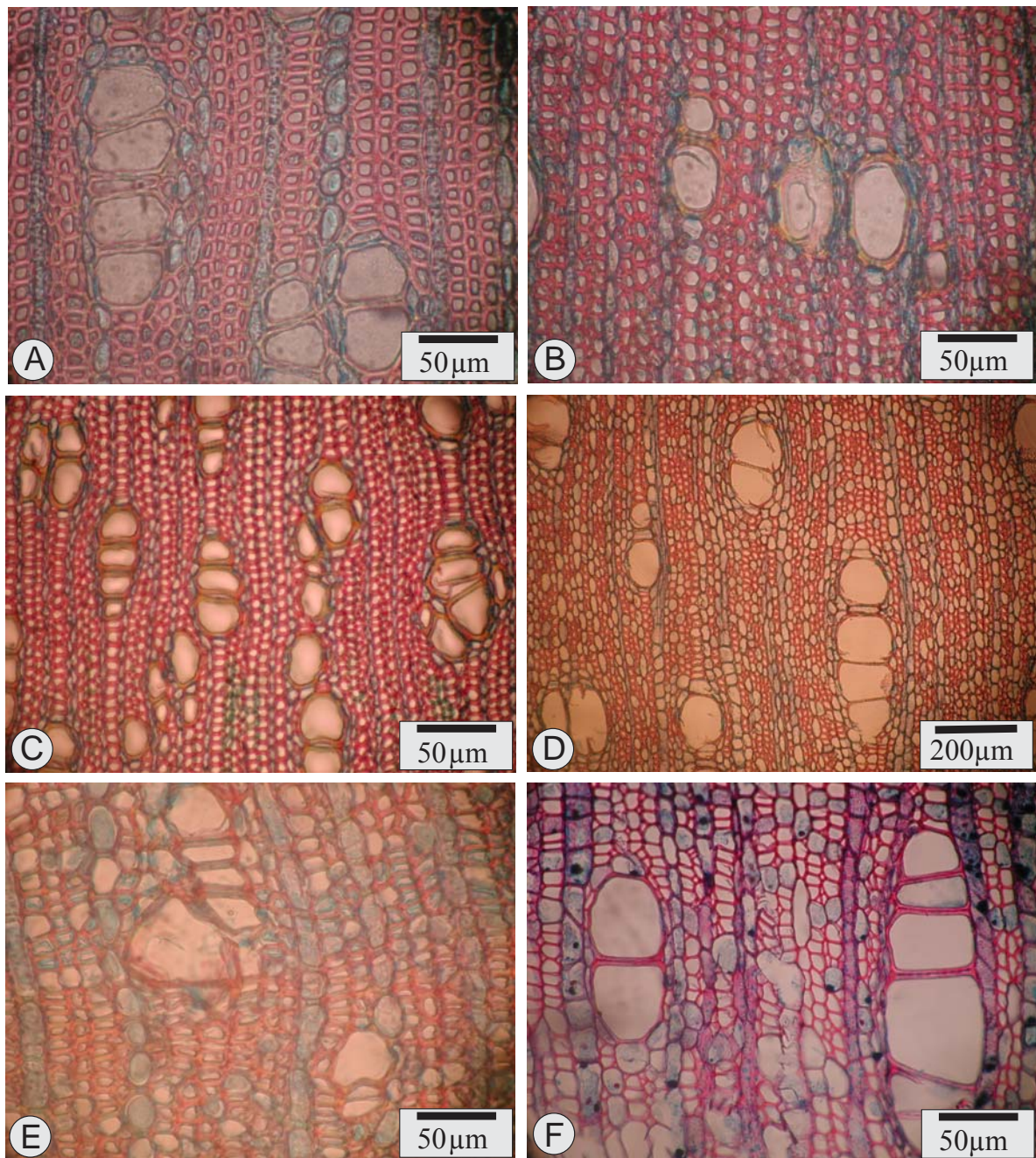


Figura 18 – Parênquima axial das espécies descritas em seção transversal. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com parênquima paratraqueal-escasso. B – *Croton dracunculoides* Baill. com parênquima paratraqueal-escasso. C – *Croton pycnocephalus* Baill. com parênquima paratraqueal-escasso. D – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch com parênquima apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados, paratraqueal-vasicêntrico e vasicêntrico incompleto. E – *Euphorbia tirucalli* Thunb. com parênquima apotraqueal-difuso, difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso. F – *Sapium haematospermum* Müll. Arg. com parênquima apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal-escasso.

5.2.3 Raios

A estrutura radial é caracterizada, fundamentalmente, pela heterogeneidade (Figura 20), apresentando células curtamente procumbentes no corpo central e quadradas e eretas nas margens com 1 a 4 células, salvo *Bernardia pulchella*, com apenas células quadradas e eretas. As espécies de *Euphorbia* apresentam, ainda, raios com canais radiais (Figura 20, 21).

O volume ocupado pelo tecido radial (Figura 19) mostrou pouca variação entre as espécies descritas, oscilando entre 20 e 30 %. Marchiori et al. (2011) observaram, respectivamente, 14, 16 e 24% para espécies de *Actinostemon concolor*, *Sebastiania brasiliensis* e *Sebastiania commersoniana*.

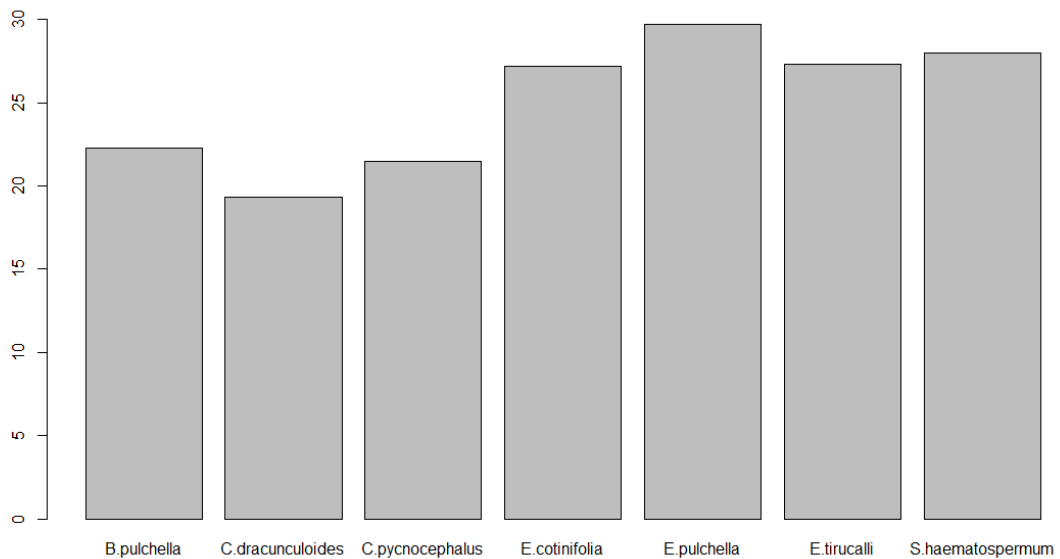


Figura 19– Fração média de raios das espécies descritas (%).

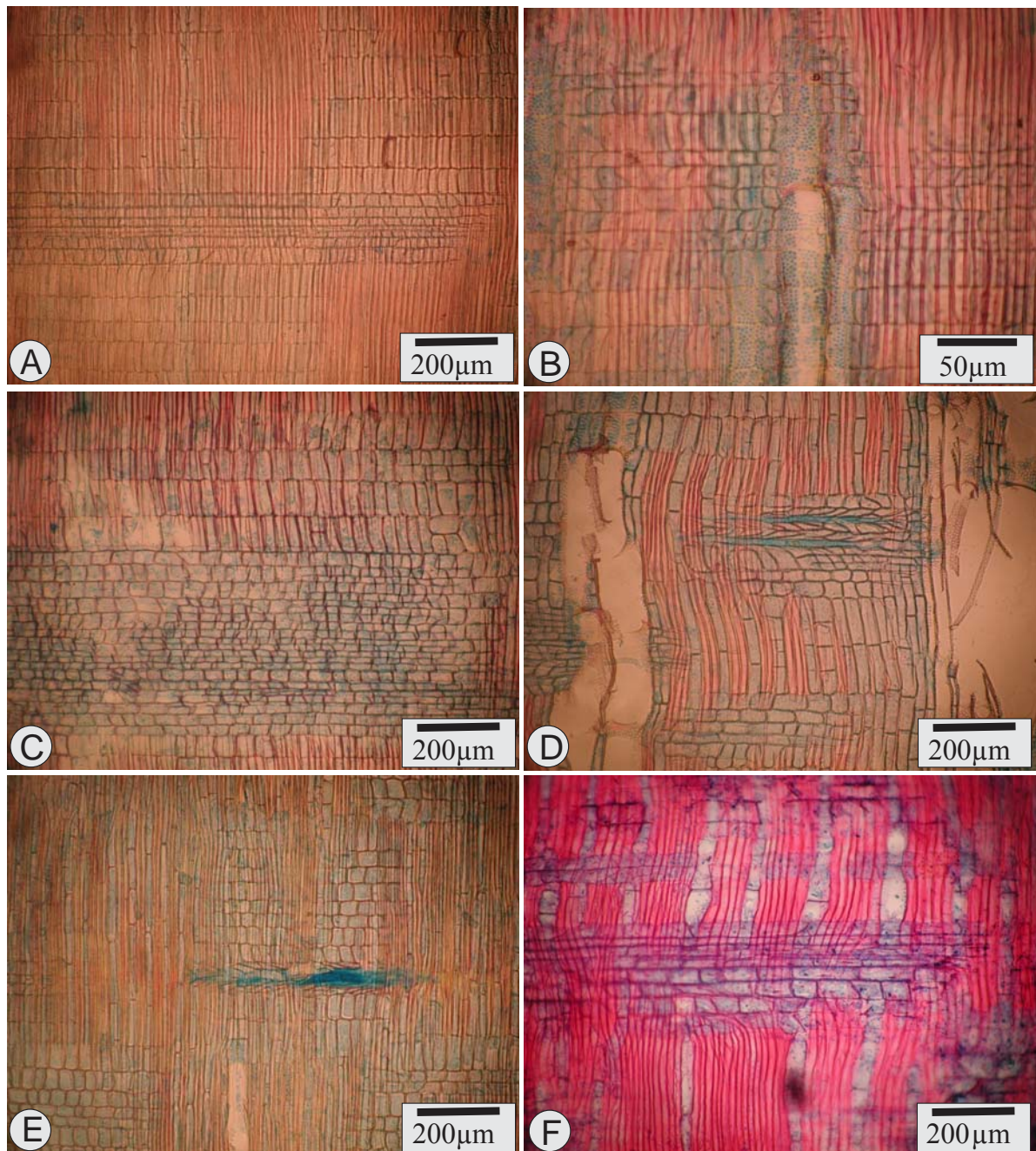


Figura 20 – Raios das espécies descritas em seção longitudinal radial. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com células quadradas e eretas. B – *Croton dracunculoides* Baill. com células quadradas e eretas, eventualmente procumbentes. C – *Euphorbia cotinifolia* L. com células curtamente procumbentes, na parte multisseriados, em alternância com células quadradas e eretas. D – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch. com células quadradas e eretas, em alternância com células curto-procumbentes e canais radiais. E – *Euphorbia tirucalli* Thunb. com células eretas, quadradas e procumbentes alternadas e canal radial. F – *Sapium haematospermum* Müll. Arg. com células procumbentes no corpo central e células eretas e quadradas nas margens.

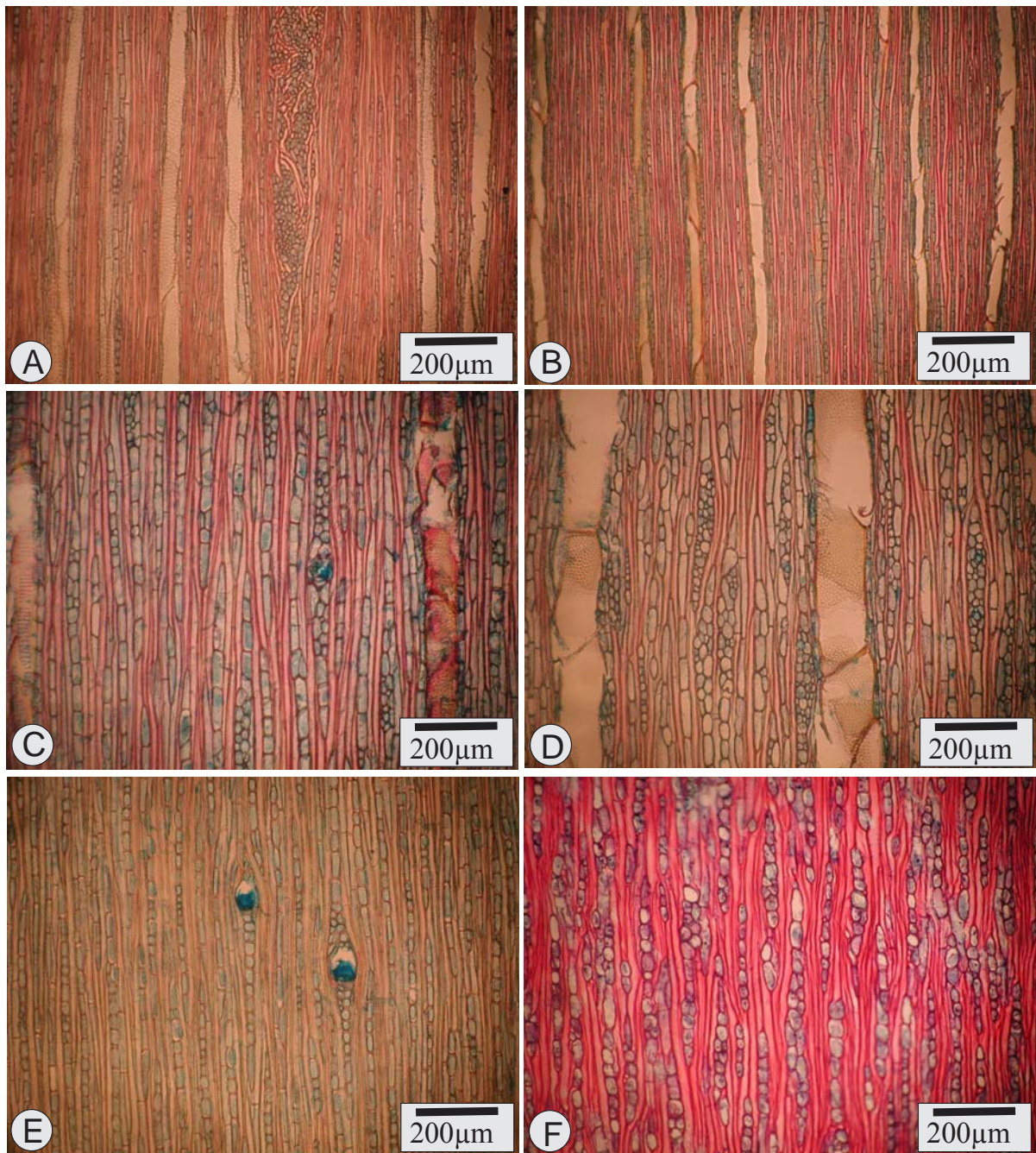


Figura 21 – Raios das espécies descritas em seção longitudinal tangencial. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com raios agregados, uni a trisseriados. B – *Croton dracunculoides* Baill. com raios unisseriados. C – *Euphorbia cotinifolia* L. com raios uni a trisseriados e laticíferos. D – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch com raios uni a trisseriados. E – *Euphorbia tirucalli* Thunb. com raios unisseriados e laticíferos. F – *Sapium haematospermum* Müll. Arg. com raios uni e bisseriados.

Bernardia pulchella, *Croton dracunculoides* e *C. pycnocephalus* apresentam frequência de raios acima de 23 r/mm, e as outras espécies descritas possuem raios abaixo de 20 r/mm.

Segundo as categorias do IAWA Committee (1989), todas as espécies descritas apresentam raios muito numerosos (acima de 12 r/mm).

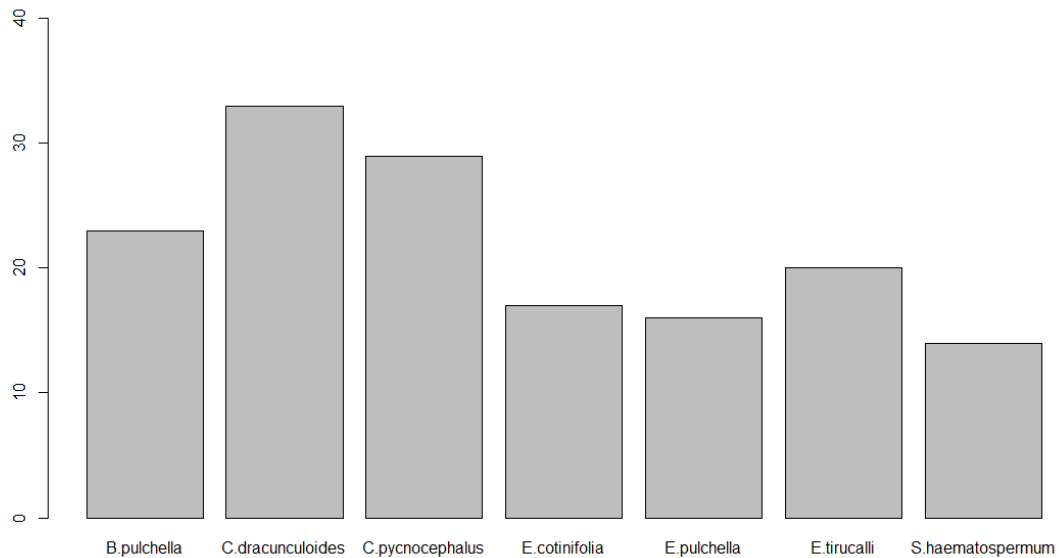


Figura 22 – Frequência média de raios (raios/mm) das espécies descritas.

Importantes variações podem ser observadas na largura de raios (Figura 21), em células. As espécies de *Croton dracunculoides* e *C. pycnocephalus* apresentam raios exclusivamente unisseriados; *Euphorbia tirucalli*, raios unisseriados, raramente bisseriados, enquanto que *Bernardia pulchella*, *Euphorbia cotinifolia*, *E. pulcherrima* apresentam raios de 1-3 células de largura e *Sapium haematospermum*, por sua vez, raios de 1-2 células de largura. As *Euphorbia*, ainda podem ser distintas das demais espécies pela presença de canais radiais.

A altura de raios (Figura 23) é interessante para a identificação das espécies. *Bernardia pulchella*, por exemplo, apresenta raios multisseriados bem menores do que os unisseriados. *Euphorbia pulcherrima* apresenta raios uni e multisseriados de mesmo tamanho; e *Croton dracunculoides* apresenta raios de menor dimensão linear do que *C. pycnocephalus*;

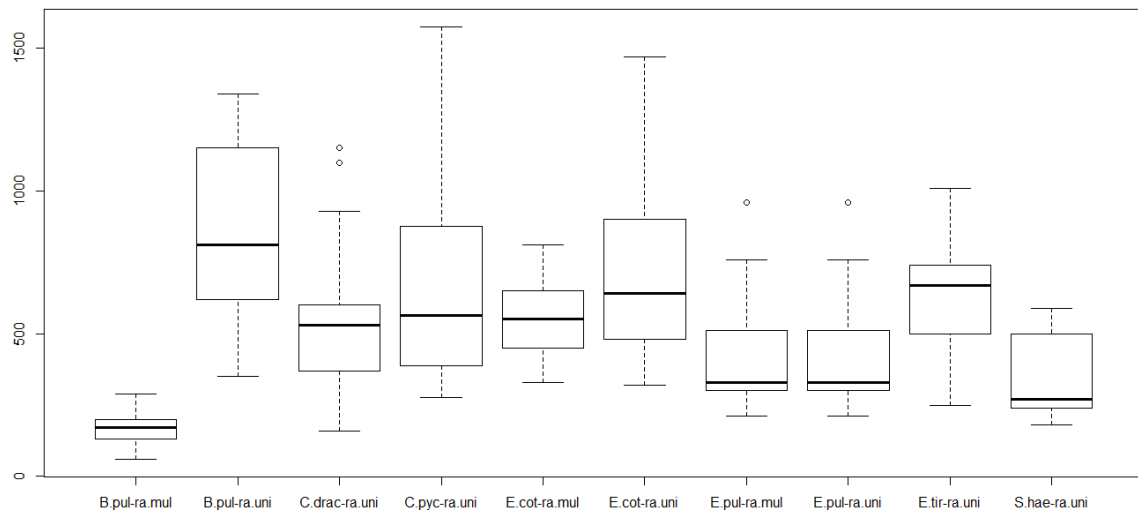


Figura 23 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis da altura de raios unisseriados e multisseriados (quando presentes) das espécies descritas. B.pul.ra.mul = *Bernardia pulchella* raios multisseriados. B.pul.ra.uni = *Bernardia pulchella* raios unisseriados. C.drac.ra.uni = *Croton dracunculoides* raios unisseriados. C.pyc.ra.uni = *Croton pycnocephalus* raios unisseriados. E.cot.ra.mul = *Euphorbia cotinifolia* raios multisseriados. E.cot.ra.uni = *Euphorbia cotinifolia* raios unisseriados. E.pul.ra.mul = *Euphorbia pulcherrima* raios multisseriados. E.pul.ra.uni = *Euphorbia pulcherrima* raios unisseriados. E.tir.ra.uni = *Euphorbia tirucalli* raios unisseriados. S.hae.ra.uni = *Sapium haematospermum* raios unisseriados.

Outras características importantes para distinção das espécies descritas é a presença de raios agregados em *Bernardia pulchella*, e a presença de cristais em raios de *Croton dracunculoides* e *Sapium haematospermum*.

Vale salientar, ainda, que tendências ecológicas em relação aos raios são raramente investigadas. Carlquist (1966) observaram, em Compositae e *Euphorbia*, que os raios multisseriados prevalecem em ambientes mais secos. Dickison e Phend (1985) associam raios multisseriados a latitudes mais altas em Styracaceae, enquanto Carlquist (1966) relaciona raios multisseriados com latitudes mais baixas em Compositae. Chimelo e Mattos-Filho (1988), em um estudo sobre madeiras brasileiras, observaram raios mais amplos no cerrado e caatinga, e mais estreitos na floresta. Outros autores, incluindo Baas (1973), Fahn et al. (1986) e Zhang et al. (1992), não encontraram qualquer relação entre a largura de raios e parâmetros ambientais.

Para Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), os raios unisseriados estão correlacionados com latitudes mais baixas; raios com até duas células de largura foram encontrados

frequentemente em ambientes mais quentes, e raios com até 3 células de largura foram observados em latitudes mais altas, como é o caso do sul do Brasil.

No presente estudo, as espécies descritas, apresentam raios exclusivamente unisseriados e raios com até 3 (4) células de largura, e corpo central com células curtamente procumbentes e margens de 1-4 células eretas e/ou quadradas. De acordo com Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), este tipo de composição de raios ocorre em cerca de 38% das espécies brasileiras e é de ocorrência predominante no sul do Brasil, em clima temperado e climas super-úmidos, típicos desta região.

5.2.4 Fibras

A percentagem do volume do lenho ocupado por fibras varia entre as espécies descritas entre 40-60% (Figura 24). Marchiori et al. (2010) descreveram percentuais próximos para as espécies de *Actinostemon concolor* (61%), *Sebastiania brasiliensis* (66%) e *Sebastiania commersoniana* (54%).

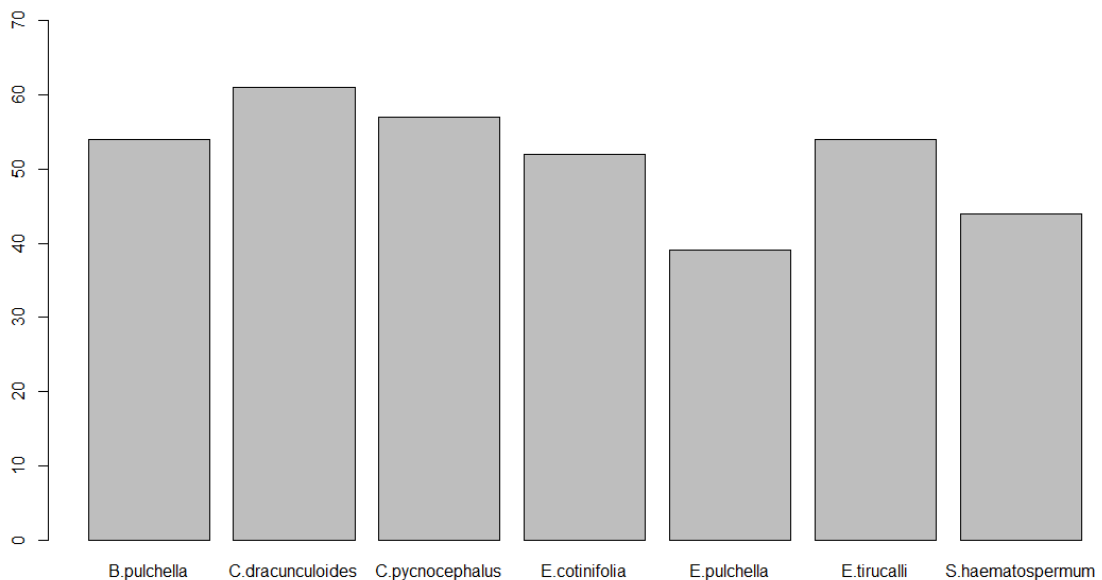


Figura 24 – Fração média de fibras das espécies descritas (%).

A maioria das espécies descritas apresentam fibras com pontoações menores que 3 μm de diâmetro (fibras libriformes), caso de *Bernardia pulchella*, *Euphorbia cotinifolia*, *Euphorbia pulcherrima*, *Euphorbia tirucalli* e *Sapium haematospermum*. *Croton dracunculoides* e *Croton pycnocephalus* apresentam fibrotraqueídeos. De acordo com Bailey e Tupper (1918), o desenvolvimento filogenético das fibras procedeu-se de traqueídeos a fibrotraqueídeos, e de fibrotraqueídeos às fibras libriformes. De acordo com Wheeler et al. (2007), fibras libriformes é o tipo predominante nas floras mundiais (em torno de 70%).

O comprimento de fibras das espécies descritas (Figura 25, 26) englobou duas categorias do IAWA Committee (1989). Fibras curtas ($\leq 900 \mu\text{m}$) são observadas em *Croton dracunculoides*, *Croton pycnocephalus* e *Euphorbia cotinifolia*; e fibras médias (900-1600 μm) nas espécies: *Bernardia pulchella*, *Euphorbia pulcherrima*, *Euphorbia tirucalli* e *Sapium haematospermum*.

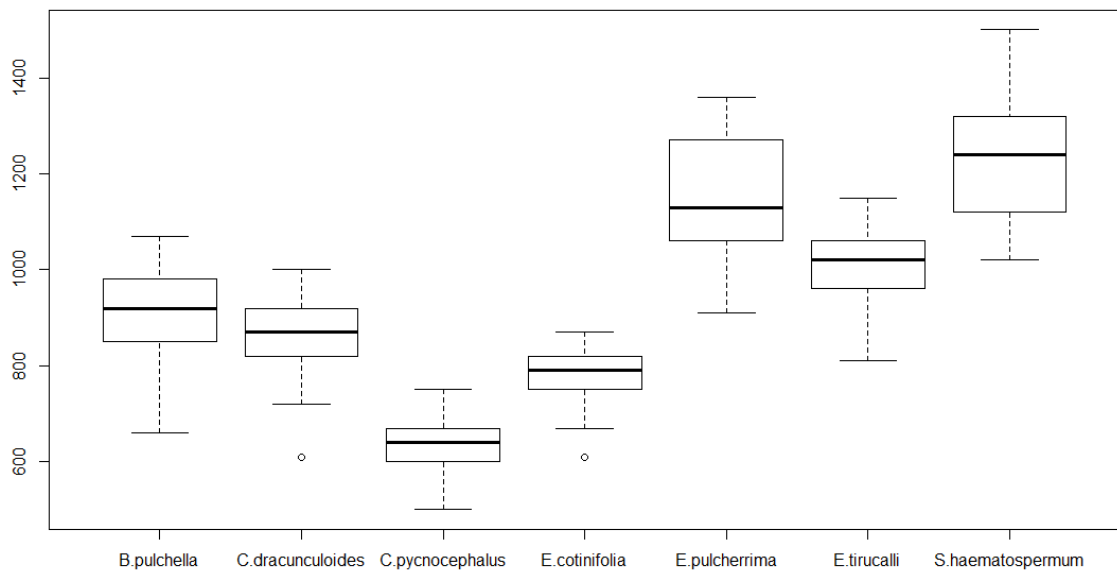


Figura 25 – Valores discrepantes, mínimos, medianos, máximos e quartis do comprimento de fibras das espécies descritas em micrômetros (μm).

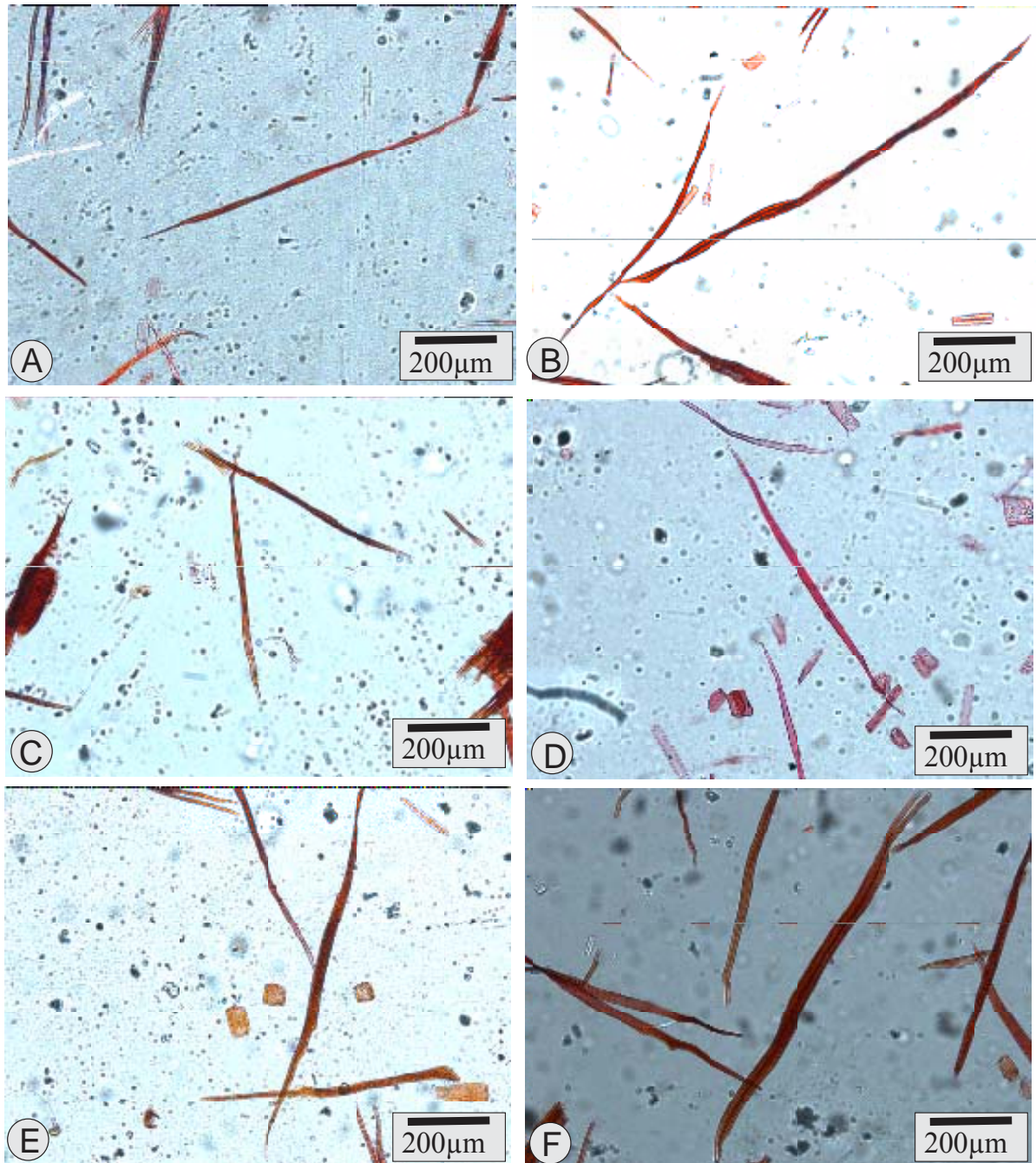


Figura 26 – Fibras em macerado das espécies descritas. A – *Bernardia pulchella* Müll. Arg. com fibras libriformes de tamanho médio. B – *Croton dracunculoides* Baill. com fibrotraqueídeos curtos. C – *Croton pycnocephalus* Baill. com fibrotraqueídeos curtos. D – *Euphorbia cotinifolia* L. com fibras libriformes curtas. E – *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch. com fibras libriformes de tamanho médio. F – *Sapium haemospermum* Müll. Arg. com fibras libriformes de tamanho médio.

As espécies descritas apresentam fibras de paredes finas e finas a espessas. De acordo com Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), a espessura de fibras é uma das poucas características relacionadas à anatomia ecológica. Segundo estas autoras, fibras de paredes finas são características do Sul do Brasil e mais prevalentes em latitudes mais elevadas, ambientes mais úmidos e temperaturas mais amenas; fibras de paredes grossas têm uma relação positiva com latitudes mais baixas, e com climas quentes, como o Norte e Nordeste do Brasil.

5.3 Análise de agrupamento

As características anatômicas (Tabela 3) de ampla ocorrência nas espécies estudadas estão de acordo com o proposto por Metcalfe e Chalk (1972), Hayden e Hayden (2000) e Mennega (2005): anéis de crescimento distintos; porosidade difusa; vasos predominantemente muito pequenos, solitários, em múltiplos radiais e racemiformes, geralmente arredondados, frequentemente pouco numerosos ou muito numerosos e de comprimento médio; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares areoladas, alternas, pequenas a grandes; pontoações raio-vasculares com bordas aparentemente reduzidas, por vezes radialmente estendidas ou opostas; parênquima paratraqueal-escasso, apotraqueal difuso-em-agregados e, menos frequentemente, apotraqueal-difuso; raios heterogêneos, geralmente uni e bisseriados (trisseriados), compostos por células quadradas, eretas e curtamente procumbentes; células perfuradas de raios, raios fusionados e células disjuntivas geralmente presentes; cristais e laticíferos, menos frequentes; fibras normalmente libríformes, delgadas e de comprimento médio, frequentemente gelatinosas.

O dendrograma (Figura 27) apresenta o agrupamento das espécies estudadas. O nível de distância com que as espécies se afastam ou se aproximam pode ser lido diretamente na coluna da esquerda, em dissimilaridade. Quanto maior o índice, menor a proximidade entre as espécies. O valor do coeficiente de correlação cofenético, de 0,86, indica que o dendrograma é expressivo na análise.

No dendrograma (Figura 27), observa-se a divisão em dois grandes grupos: o primeiro (A), formado apenas por *Hieronyma alchorneoides*; e o segundo, pelas demais espécies estudadas. Esse resultado já era esperado, em virtude dos estudos de Hayden e Hayden (2000) e de Mennega (2005), favoráveis à delimitação restrita das Euphorbiaceae. *Hieronyma*

alchorneoides, atualmente, nas Phyllanthaceae, reúne características anatômicas distintas das demais espécies analisadas: vasos longos; pontoações vasculares de difícil observação; pontoações raio-vasculares escalariformes; raios de até 4 células de largura, com células envoltentes; e fibras longas, de paredes espessas.

Tabela 3. Espécies e caracteres anatômicos utilizados na análise de agrupamento.

CARACTERÍSTICAS	<i>Alchornea triplinervia</i>	<i>Bernardia pulchella</i>	<i>Colliguaja brasiliensis</i>	<i>Croton dracunculoides</i>	<i>Croton pycnocephalus</i>	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	<i>Euphorbia tirucalli</i>	<i>Actinostemon concolor</i>	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sapium glandulosum</i>	<i>Sapium haematospermum</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Sebastiania schottiana</i>	Tot	(%)
	anéis de crescimento distintos	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
porosidade difusa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	15	94
porosidade semi-difusa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6
vasos solitários	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	12	75
vasos em múltiplos radiais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100
vasos racemiformes	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	11	69
vasos com formato angular	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	6	37
vasos com formato circular a oval	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	13	81
vasos pouco numerosos (5-20/mm ²)	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	7	44
vasos numerosos (20-40/mm ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6
vasos muito numerosos (40-100/mm ²)	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	6	37
vasos extremamente numerosos ($\geq 100/\text{mm}^2$)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	12
vasos curtos ($\leq 350 \mu\text{m}$)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12
vasos de comprimento médio (350-800 μm)	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12	75
vasos longos ($\geq 800 \mu\text{m}$)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	12
vasos de diâmetro muito pequeno ($\leq 50 \mu\text{m}$)	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	8	50
vasos de diâmetro pequeno (50-100 μm)	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18
vasos de diâmetro médio (100-200 μm)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	5	31
placas de perfuração simples	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100
vasos com espessamentos espiralados	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12
vasos com conteúdos	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	4	25

(Continuação da tabela 3)																		
CARACTERÍSTICAS	<i>Alchornea triplinervia</i>	<i>Bernardia pulchella</i>	<i>Colliguaja brasiliensis</i>	<i>Croton dracunculoides</i>	<i>Croton pycnocephalus</i>	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	<i>Euphorbia tirucalli</i>	<i>Actinostemon concolor</i>	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sapium glandulosum</i>	<i>Sapium haematospermum</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Sebastiania schottiana</i>	Tot	(%)
	pontoações intervasculares estendidas	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
pontoações intervasculares coalescentes	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18
pontoações intervasculares alternas, areoladas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15	94
pontoações intervasculares pequenas (4-7 μ m)	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	6	37
pontoações intervasculares médias (7-10 μ m)	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4	25
pontoações intervasculares grandes ($\geq 10 \mu$ m)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	5	31
pontoações intervasculares de difícil observação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
pontoações raio-vasculares areoladas	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	8	50
pontoações raio-vasculares simples ou com bordas reduzidas	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	7	44
pontoações raio-vasculares estendidas	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	8	50
pontoações raio-vasculares escalariformes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
pontoações raio-vasculares opostas	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	5	31
parênquima axial ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6
parênquima reticulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6
parênquima apotraqueal-difuso	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	7	44
parênquima apotraqueal difuso-em-agregados	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	10	62
parênquima paratraqueal-escasso	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	11	69
parênquima paratraqueal-vasicêntrico	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
parênquima com conteúdo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	12
raios numerosos (4-12/mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
raios muito numerosos (≥ 12 /mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15	94
raios exclusivamente unisseriados	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18
raios uni e bisseriados	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8	50
raios com 1-3 células de largura	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	31
raios com 1-4 células de largura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
raios fusionados	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	9	56
raios agregados	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
raios com laticíferos	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5	31

(Continuação da tabela 3)

CARACTERÍSTICAS	<i>Alchornea triplinervia</i>	<i>Bernardia pulchella</i>	<i>Colliguaja brasiliensis</i>	<i>Croton dracunculoides</i>	<i>Croton pycnocephalus</i>	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	<i>Euphorbia tirucalli</i>	<i>Actinostemon concolor</i>	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	<i>Sapium glandulosum</i>	<i>Sapium haematospermum</i>	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Sebastiania schottiana</i>	Tot	(%)
	raios com células disjuntivas	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	7
raios com células perfuradas	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	11	69
raios com células envoltivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
raios com cristais	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	7	44
raios heterogêneos, com células procumbentes, quadradas e eretas	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	12	75
raios heterogêneos, com células quadradas e eretas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4	25
raios com conteúdos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	18
raios com células mucilaginosas	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	12,5
fibras septadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6
fibrotraqueídeos (pontoações $\geq 3 \mu\text{m}$)	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	25
fibras libríformes (pontoações $< 3 \mu\text{m}$)	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	12	75
fibras curtas ($\leq 900 \mu\text{m}$)	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6	37
fibras médias (900-1600 μm)	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	9	56
fibras longas ($\geq 1600 \mu\text{m}$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
fibras com paredes delgadas	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	10	62
fibras com paredes finas a espessas	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	5	31
fibras com paredes espessas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
fibras gelatinosas	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	13	81
fibras gelatinosas em faixas	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12

Caráter anatômico presente (1). Caráter anatômico ausente (0). Tot (total). % (percentagem)

No grupo B, representado pelas Euphorbiaceae, com exceção de *Phyllanthus sellowianus*, foram encontrados dois subgrupos, aqui designados como B1 e B2.

O subgrupo B1 compreende dois ramos: um com as espécies de *Euphorbia* e outro com *Alchornea triplinervia* e as duas espécies de *Sapium*, reunidas. Ambos se ligam a uma distância de 0,5 de dissimilaridade. Este subgrupo é formado por espécies das subfamílias Euphorbioideae e Acalyphoideae. *Alchornea triplinervia*, única Acalyphoideae do subgrupo, mantém certa dissimilaridade com relação às espécies de *Sapium*. Este subgrupo se

caracteriza pelos seguintes caracteres anatômicos: vasos pouco numerosos, de comprimento médio em *Euphorbia* e *Sapium*, longos em *A. triplinervia*; vasos de diâmetro pequeno (em *E. cotinifolia* e *E. tirucalli*), médio em *Sapium* e *E. pulcherrima*; pontoações intervasculares estendidas em *Euphorbia* e *S. haematospermum*, médias em *Euphorbia*, grandes em *A. triplinervia* e *Sapium*; pontoações raio-vasculares estendidas em todas as espécies, opostas e com bordas reduzidas em *Euphorbia* e *Sapium* e areoladas em *A. triplinervia*; parênquima apotraqueal difuso-em-agregados; raios uni e bisseriados em *E. tirucalli* e em *Sapium*, trisseriados em *A. triplinervia* e *E. pulcherrima* e fusionados, com exceção de *A. triplinervia*.

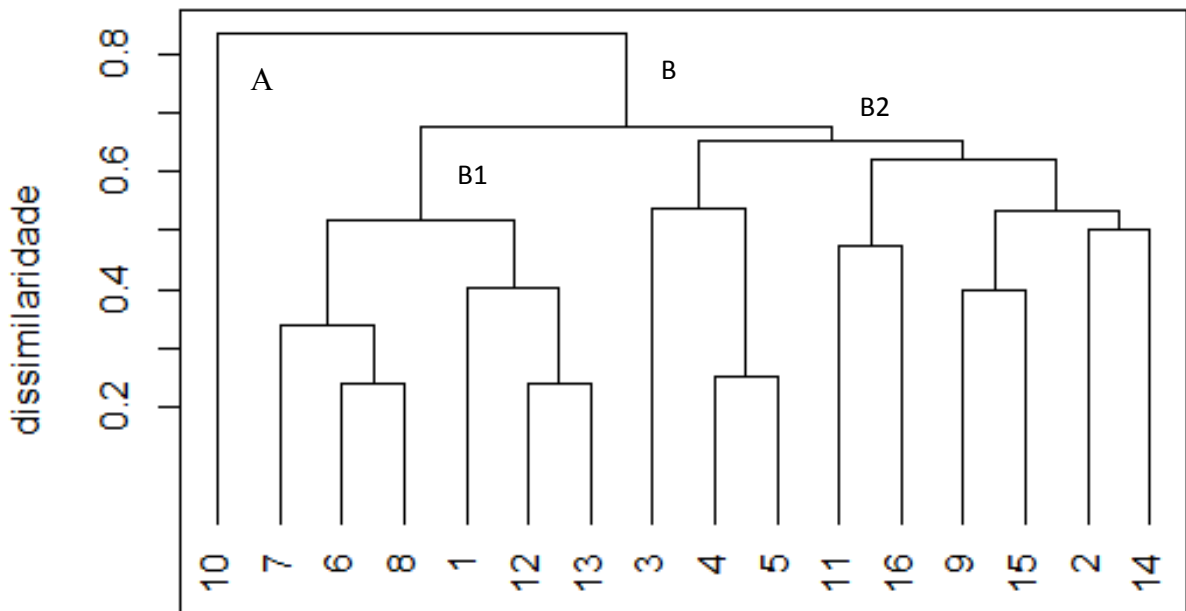


Figura 27 – Dendrograma de agrupamento das espécies estudadas, utilizando-se a distância de Jaccard e o método UPGMA. 1 – *Alchornea triplinervia*; 2 – *Bernardia pulchella*; 3 – *Colliguaja brasiliensis*; 4 – *Croton dracunculoides*; 5 – *Croton pycnocephalus*; 6 – *Euphorbia cotinifolia*; 7 – *Euphorbia pulcherrima*; 8 – *Euphorbia tirucalli*; 9 – *Actinostemon concolor*; 10 – *Hieronyma alchorneoides*; 11 – *Phyllanthus sellowianus*; 12 – *Sapium glandulosum*; 13 – *Sapium haematospermum*; 14 – *Sebastiania brasiliensis*; 15 – *Sebastiania commersoniana*; 16 – *Sebastiania schottiana*.

No subgrupo B2, ocorrem três ramificações evidentes. A primeira, formada por *Colliguaja brasiliensis*, mantém-se a certa distância de dissimilaridade das espécies de *Croton*. Este conjunto, pertencente às subfamílias Euphorbioideae e Crotonoideae, respectivamente, apresenta os seguintes caracteres anatômicos: anéis de crescimento distintos em *C. brasiliensis* e *C. dracunculoides*; vasos muito numerosos e curtos em *C. brasiliensis* e *C. pycnocephalus*; vasos muito pequenos em *C. brasiliensis* e *C. pycnocephalus*; vasos médios em *C. dracunculoides*; pontoações intervasculares areoladas, pequenas; pontoações raio-vasculares areoladas (em *Croton*) ou com bordas reduzidas (em *C. brasiliensis*); raios exclusivamente unisseriados; e presença de fibrotraqueídeos gelatinosos em *Croton*.

O segundo ramo é formado por *Phyllanthus sellowianus* (Phyllanthaceae) e *Sebastiania schottiana* (Euphorbiaceae-Euphorbioideae). Ambas as espécies apresentam reofilia e possuem poucos caracteres anatômicos em comum: vasos de tamanho médio, muito pequenos; pontoações intervasculares pequenas; raios com células quadradas, eretas e células perfuradas; fibras curtas e gelatinosas.

O terceiro ramo agrupa quatro espécies: *Actinostemon concolor* e *Sebastiania commersoniana*, que se unem a *Bernardia pulchella* e *Sebastiania brasiliensis*, mais ou menos à distância de 0,5 de dissimilaridade. Pertencentes às subfamílias Euphorbioideae e Acalyphoideae, essas espécies se distinguem pelas seguintes características anatômicas: porosidade difusa; vasos de comprimento médio e diâmetro muito pequeno; pontoações intervasculares areoladas, alternas; pontoações grandes em *B. pulchella* e *S. brasiliensis*; pontoações médias em *S. commersoniana*; pontoações pequenas em *A. concolor*; pontoações raio-vasculares areoladas; parênquima reticulado em *S. brasiliensis*; raios heterogêneos, com células quadradas, eretas e curtamente procumbentes em *A. concolor* e *S. commersoniana*; raios com células quadradas e eretas em *B. pulchella* e *S. brasiliensis*; raios uni-bisseriados, com exceção de *B. pulchella* (trisseriados); fibras libriiformes de comprimento médio, gelatinosas.

As espécies estudadas (Figura 27) não formaram grupos de acordo com suas respectivas subfamílias, corroborando estudos de Hayden & Hayden (2000) e de Mennega (2005), que comprovaram certa homogeneidade nos caracteres anatômicos das subfamílias Acalyphoideae, Crotonoideae e Euphorbioideae.

Embora integrante da família Phyllanthaceae, *Phyllanthus sellowianus*, no presente estudo, fixou-se no grupo das Euphorbiaceae, como se pode ver no dendrograma da Figura 27.

O dendrograma evidencia, ainda, que as espécies estudadas podem ser distinguidas entre si por caracteres anatômicos. Apesar da pequena dissimilaridade de algumas espécies, não é impossível a separação das mesmas. *Euphorbia tirucalli*, por exemplo, apresenta pontoações intervasculares coalescentes, raios uni e bisseriados, com células mucilaginosas e fibras de tamanho médio, separando-se, portanto, de *E. cotinifolia*; *Croton dracunculoides* apresentou raios com cristais, pontoações intervasculares coalescentes e vasos com conteúdo, distinguindo-se, portanto, de *Croton pycnocephalus*; e *Sapium glandulosum* apresentou fibrotraqueídeos gelatinosos, ao contrário de *S. haematospermum*. As espécies do gênero *Sebastiania*, no entanto, não se uniram entre si, o que demonstra certa heterogeneidade dos caracteres anatômicos deste gênero.

5.4 Chave Dicotômica

1.a Fibrotraqueídeos (pontoações $\geq 3 \mu\text{m}$).....	2
1.b Fibras libriformes (pontoações $< 3 \mu\text{m}$).....	5
2.a Raios com 1 a 4 células de largura.....	3
2.b Raios exclusivamente unisseriados.....	4
3.a Raios com até 3 células de largura.....	<i>Sapium glandulosum</i>
3.b Raios mais largos (até 4 células).....	<i>Hieronyma alchorneoides</i>
4.a Raios com cristais.....	<i>Croton dracunculoides</i>
4.b Raios sem cristais.....	<i>Croton pycnocephalus</i>
5.a Fibras libriformes septadas.....	<i>Phyllanthus sellowianus</i>
5.b Fibras libriformes não septadas.....	6
6.a Pontoações intervasculares estendidas.....	7
6.b Pontoações intervasculares de outro tipo.....	10

7.a Pontuações intervasculares médias (7-10 μm).....	8
7.b Pontuações intervasculares grandes ($\geq 10 \mu\text{m}$).....	<i>Sapium haematospermum</i>
8.a Vasos de diâmetro pequeno (50-100 μm).....	9
8.b Vasos de diâmetro médio (100-200 μm).....	<i>Euphorbia pulcherrima</i>
9.a Raios com células mucilaginosas.....	<i>Euphorbia tirucalli</i>
9.b Raios sem células mucilaginosas.....	<i>Euphorbia cotinifolia</i>
10.a Parênquima axial com conteúdo.....	<i>Actinostemon concolor</i>
10.b Parênquima axial sem conteúdo.....	11
11.a Vasos com espessamentos espiralados.....	12
11.b Vasos sem espessamentos espiralados.....	13
12.a Raios agregados.....	<i>Bernardia pulchella</i>
12.b Raios não agregados.....	<i>Colliguaja brasiliensis</i>
13.a Parênquima axial reticulado.....	<i>Sebastiania brasiliensis</i>
13.b Parênquima axial apotraqueal difuso-em-agregados e paratraqueal escasso.....	<i>Alchornea triplinervia</i>

6 CONCLUSÃO

A análise da estrutura anatômica de sete espécies nativas e cultivadas no Rio Grande do Sul, aliada à análise de *Cluster* com dados de outras espécies de Euphorbiaceae colhidas na literatura, permite as seguintes conclusões:

As principais características anatômicas dos lenhos descritos estão de acordo com as referências da literatura para a família Euphorbiaceae e subfamílias Acalyphoideae, Crotonoideae e Euphorbioideae.

A presença de caracteres anatômicos, considerados primitivos, como porosidade difusa, poros solitários, elementos vasculares com apêndices, pontoações raio-vasculares alongadas tendendo a escalariformes, parênquima axial apotraqueal, raios heterogêneos e fibrotraqueídes, junto com características anatômicas mais evoluídas como vasos em múltiplos radiais, placas de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas, parênquima paratraqueal, raios baixos com poucas células de margens (1-4) e fibras libriformes, atestam o grau evolutivo intermediário da família.

O diâmetro tangencial das pontoações intervasculares permite a separação dos gêneros das espécies descritas.

A variação em número de células da largura de raios mostra-se útil na distinção das espécies descritas, assim como a presença de cristais e raios agregados.

A composição de raios das espécies descritas por células curtamente procumbentes no corpo central e 1-4 células marginais eretas e/ou quadradas, está em consonância com o estudo anatômico ecológico de Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), que associam este tipo de raio como típico do sul do Brasil.

A presença de fibras com paredes finas/finas a espessas, observadas no presente estudo, está de acordo com a distribuição latitudinal do caráter, conforme Alves & Angyalossy-Alfonso (2002).

As espécies estudadas dividiram-se em dois grupos, sendo um formado por *Hieronyma alchorneoides*, atualmente da família Phyllanthaceae, o outro pelas demais espécies estudadas da família Euphorbiaceae, com exceção de *Phyllanthus sellowianus*. Este resultado está de acordo com os estudos de Hayden e Hayden (2000) e de Mennega (2005), favoráveis à delimitação restrita das Euphorbiaceae.

As subfamílias Acalyphoideae, Crotonoideae e Euphorbioideae, como já constatado por Hayden e Hayden (2000) e Mennega (2005), apresentam conformidade anatômica: não formam agrupamentos entre si.

As espécies mais similares foram: *Euphorbia cotinifolia* e *Euphorbia tirucalli*, *Sapium haemospermum* e *Sapium glandulosum*, *Croton dracunculoides* e *Croton pycnocephalus*.

O gênero *Sebastiania* é heterogêneo em relação às características anatômicas do lenho, pois não formou agrupamentos entre si.

Foi possível a separação das espécies por caracteres anatômicos. Mesmo as espécies muito próximas no dendrograma mantiveram-se afastadas por um valor mínimo de dissimilaridade.

BIBLIOGRAFIA

ALLEM, A. C. Preliminares para uma abordagem taxonômica do gênero *Croton* L. (Euphorbiaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, Curitiba, 1978. 339. (Bol. n. 34).

_____.; IRGANG, B. Euphorbiaceae. Tribo Euphorbieae. In: SCHULTZ, A. R. **Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Boletim do Instituto Central de Biociencias, UFRGS, 1975. 97 p. (Bol. n. 34).

AYENSU, E. S.; STERN, W. L. Systematic anatomy and ontogeny of the stem in Passifloraceae. **Contr. U. S. Nat. Herb.**, v. 34, n.º. 3, p. 45-47, 1964.

ALVAREZ FILHO, A. **Estudo das tribos Acalypheae Müll. Arg. e Hippomaneae Reichenb. (Euphorbiaceae) no Rio Grande do Sul – Brasil**. Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Botânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1977.

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brasilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v. 21, p. 3-30, 2000.

_____.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. **IAWA Journal**, v. 23. n.º. 4, p. 391-418, 2002.

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.

BAAS, P. Wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, v. 21, p. 193-258, 1973.

_____. Systematic phylogenetic and ecological wood anatomy – History and perspectives. In: **New perspectives in wood anatomy**. The Hague: P. Bass Martinus Nijhoff/Junk Publ., 1982, p. 23-58.

_____.; CARLQUIST, S. P. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. **IAWA Bull.**, v. 6, p. 349-353, 1985.

_____.; SCHWEINGRUBER, F. H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bull.**, v. 8, n°. 3, p. 245-274, 1985.

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

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

BACIGALUPO, N. M. Euphorbiaceae, Euforbiáceas. In: BURKART, A.; BACIGALUPO, N. M. **Flora Ilustrada de Entre Rios (Argentina)**. Buenos Aires: Colección científica Del I.N.T.A., 2005. p. 101-195.

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

_____. The development of vessels in Angiosperms and its significance in morphological research. **Amer. J. Bot.**, v. 31, p. 421-428, 1944.

_____. The use and abuse of anatomical data in the study of phylogeny and classification. **Phytomorphology**, v. 1, p. 67-69, 1951.

_____. The potentialities and limitations of wood anatomy in the phylogeny and classification of angiosperms. **Journ. Arnold Arb.**, v. 38, p. 243-254, 1957.

_____.; TUPPER, W. W. Size variation in tracheary cells. I. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms and angiosperms. **Proc. Acad. Arts**, v. 54, p. 149-204, 1918 (Resumo).

BAILLON, H. **Étude générale du groupe des Euphorbiacées**. Paris: Victor Masson, 1858.
BARAJAS-MORALES, J. Wood structural differences between trees of two tropical forests in México. **IAWA Bull.**, v.6, p. 355-364, 1985.

BARGHOORN, Jr., E. S. The ontogenetic development and phylogenetic specialization of rays in the xylem of Dicotyledons. I. The primitive ray structure. **Amer. Journ. Bot.**, v. 27, p. 918-928, 1940 (Resumo).

BARROS, C. F.; MARCON-FERREIRA, M. L.; CALLADO, C. H.; LIMA, H. R. P.; CUNHA, M.; MARQUETE, O.; COSTA, C. G. Tendências ecológicas de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n.º. 3, p. 443-460, 2006.

BARROSO, G. M. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV, 1991. p. 198.

BENTHAM, G. Notes on Euphorbiaceae. **Journal of Linnean Society of London**, Bot. v. 17, p. 185-267, 1978.

_____. Euphorbiaceae. In: G. Bentham & J. D. Hooker, J (eds.). **Genera Plantarum**, v.3, p. 239-340, 1980.

BILONI, J. S. **Arboles autóctonos argentinos**. Buenos Aires: Tipográfica Editora Argentina, 1990. 335 p.

BOCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. Washington: Springer, 2011. 306 p.

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

CARLQUIST, S. **Comparative plant anatomy**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1961. 146 p.

_____. Wood anatomy of Compositae: a summary with comments on factors controlling wood evolution. **Aliso**, v. 6, n.º. 2, p. 25-44, 1966.

_____. Wood anatomy of Goodeniaceae and the problem of insular woodiness. **Ann. Missouri Bot. Gard.**, v. 56, p 358-390, 1969.

_____. Wood anatomy of *Echium* (Boraginaceae). **Aliso**, v. 7, p 183-199, 1970.

_____. Wood anatomy of Maconesian and other Brassicaceae. **Aliso**, v.7, p. 365-384, 1971.

_____. **Ecological strategies of xylem evolution**. Berkeley: University of California Press, 1975. 259 p.

_____. Observations on wood functional histology of vines and lianas; vessel dimorphism, tracheids, vasicentric tracheids, narrow vessels and parenchyma. **Aliso**, v. 11, p. 139-157, 1985.

_____. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 435 p.

_____. Anatomy of vine and liana stems: a review and synthesis. In: Putz, F. E.; Mooney, H. A. **The Biology of vines**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 53-72.

_____.; HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **IAWA Bull.**, v. 6, n.º. 4, p. 319-348, 1985.

CHALK, L. Multiperforate plates in vessels, with special reference to the Bignoniaceae. **Forestry**, v. 7, p. 16-22, 1933.

_____. The phylogenetic value of certain anatomical features of dicotyledonous woods. **Annals of Botany**, v. 1, n.º. 3, p. 409-428, 1937.

CHIMELO, J. P.; MATTOS-FILHO, A. Preliminary wood structure observations of five hardwood species from different sites in Brasil. In: **Annals of 5th Conference of International Union of Forestry Research Organization (IUFRO), São Paulo – Brazil II: 100 p. 1988.**

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada**. Para cursos de administração, Ciências Contábeis e Economia. São Paulo: Atlas, 2011. 541 p.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984. v.1. p. 747.

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

COZZO, D. Anatomia del leño secundario de las leguminosas mimosoideas y caesalpinoideas argentinas silvestres y cultivadas. **Rev. Inst. Nac. Invest. Ci. Nat. C. Bot.**, v. 2, n°. 2, p. 63-290, 1951.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. Boston: Houghton Mifflin, 1968. 396 p.

DAHLGREN, R. A revised system of classification of the Angiosperms. **Bot. J. Linn. Soc.**, v. 71, p 633-699, 1980.

DADSWELL, H. E. The role of wood anatomy in forest botany. **J. Counc. Sci. Indust. Res. Aust.**, v. 12, p. 237-242, 1939 (Resumo).

DE CANDOLLE, C. Meliaceae. In: MARTIUS, C. F. B. (Ed.) **Flora Brasiliensis**. Monachii, Lipsiae, 1818. p. 166-227 il.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água** / por Luciano Denardi; orientador José Newton Cardoso Marchiori. – Santa Maria, 2007. 112 f.: il. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós – Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2007.

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

_____.; PHEND, K. D. Wood anatomy of Styracaceae: evolutionary and ecological considerations. **IAWA Bull.**, v.6 p.3-22, 1985.

DIMITRI, M. J. **Enciclopédia argentina de Agricultura y Jardineria**. Buenos Aires: Editorial ACME, 1980. v. 1.1. 161 p.

DUJARDIN, E. P. Eine neue Holz-zellulosenfaerbung. **Mikrokosmos**, n. 53, p.94, 1964.

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

ENGLER, A. **Syllabus der Pflanzenfamilien**. Berlin-Nikolassee: Gebrüder Borntraeger, 1964. v. 2. 666 p.

FAHN, A.; LESHEM, B. Wood fibres with living protoplasts. **New Phytol.**, v.62, n. 1, p. 91-98, 1963.

_____.; WERKER, E & BAAS, P. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions. **The Israel Academy of Sciences and Humanities**, p. 221, 1986.

FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. da R. F. de; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil: métodos de estudos de casos: volume I**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 556 p.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: Ed. UFLA, 2011. 676 p.

FROST, F. H. Specialization in secondary xylem of Dicotyledons. I. Origin of vessels. **Bot. Gaz.**, v. 89, p. 67-94, 1930.

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

GRAAF, N. A. van der & BAAS, P. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. **Blumea**, v. 22, p. 101-121, 1974.

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, n°. 2, 1986. Recife, Pernambuco.

GOTELLI, N. J.; ELISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528 p.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. J.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HAYDEN, W. J.; HAYDEN, S. M. Wood anatomy of Acalyphoideae (Euphorbiaceae). **IAWA Journal**, v. 21, n. 2, p. 213-235, 2000.

HEYWOOD, V. H. **Taxonomia Vegetal**. São Paulo, USP, 1970. 180 p. (Estudos de Biologia, 5).

HUTCHINSON, J. Tribalism in the family Euphorbiaceae. **American Journal of Botany**, v. 56, p. 738-758, 1969.

IAWA (International Association of Wood Anatomists). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull.**, v.10, n. 3, p.218-359, 1989.

JABLONSKI, E. Euphorbiaceae. In: Maguire, B. et al. (eds.). **Botany of the Guayana Highland** – part VII. Memories of the New York Botanical Garden, v. 17, p. 80-190, 1967.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 355-359.

JUSSIEU, A. **Euphorbiaceae Generibus Medicisque earumdem viribus tentamen, tabulis aeneis 18 illustratum**. Typis Didot Jurioris, Paris. p. 42-45. 1824.

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

KRIBS, D. A. Salient lines of structural specialization in the wood rays of Dicotyledons. **Bot. Gaz.**, v.96, p. 547-557, 1935.

KRUIJT, R. A taxonomic monograph of *Sapium* Jacq. *Anomostachys* (Baill.) Hurus., *Duvigneaudia* J. Léonard and *Sclerocroton* Hochst. (Euphorbiaceae tribe Hippomaneae). **Bibliotheca Botanica**, n. 146, p. 1-109, 1996.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 1998. **Numerical Ecology**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier. 852 p.

LEÓN, H. W. J. Anatomía ecológica del xilema secundario de um bosque seco tropical de Venezuela. **Acta Botánica Venezuelica**, v. 28, n°. 2, p. 1-22, 2005.

LEÓN, H. W. J; CHAVARRY, R. B. N. Anatomía xilemática dell tallo de 8 especies de la sufamilia Euphorbioideae (Euphorbiaceae) em Venezuela. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 106, n.1, p.1-12, 2006.

LINDORF, H. Eco-anatomical wood features of species from very dry tropical forest. **IAWA Journal**, v. 15, p. 361-376, 1994.

LINDORF, H. Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective. **IAWA Journal**, v. 18, p. 157-168, 1997.

LONGHI, S. J. Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Passo Fundo-RS. **Tese de Doutorado** - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão. Curitiba, 1997. 198 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 352 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de. **Plantas ornamentais do Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001. 1088 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas/ Divisão de Madeiras, 1989. 418 p.

MARCATI, C.R; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae – Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n.º. 3, p. 311-320, 2001.

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**. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

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

_____. **Dendrologia das Angiospermas**: das Bixáceas as Rosáceas. Santa Maria: Editora ufsm, 2000. 240 p.

_____. MUÑIZ, G. I. B.; SANTOS, S. R. **Madeiras do Rio Grande do Sul**. 1. Descrição microscópica de 33 espécies nativas. Santa Maria: [s.n.], 2009. 80 p.

_____. MUÑIZ, G. I. B.; SANTOS, S. R. **Madeiras do Rio Grande do Sul**. 2. Descrição microscópica de 35 espécies nativas. Santa Maria: Anatterra, 2010. 80 p.

_____. DENARDI, L.; SANTOS, S. R. **Madeiras do Rio Grande do Sul**. 3. Descrição microscópica de 34 espécies nativas. Santa Maria: Anatterra, 2011. 80 p.

MATOS, P. P.; TEIXEIRA, L. L.; SEITZ, R. A.; SALIS, M. S.; BOTOSSO, C. P. **Anatomia de madeiras do Pantanal Mato-Grossense**. Características microscópicas. Colombo: EMBRAPA Florestas. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2003, 182 p.

MATTEUCCI, S. C.; COLMA, A. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos – Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982. 169 p.

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

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

_____.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Wood structure and conclusion of the general introduction. Oxford: Clarendon Press, 1983, 297 p.

_____.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford, Clarendon Press, 1972. 1500 p.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados multivariados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007. 295 p.

MUELLER, J. Euphorbiaceae. In: Martius, C.F.P. & Eichler, A.G. (eds.). **Flora brasiliensis**, v. 11, p. 1-292, tab. 1-42. 1973.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. 2012. *Vegan*: community ecology package. Version 2.0-6. Available from: <<http://vegan.r-forge.r-project.org/>>.

PAX, F.; HOFFMANN, K. Euphorbiaceae-Acalyphaceae-Mercurialinae. In: Engler, A. (ed.). **Das Pflanzenreich IV**, v.147. VII, p. 7-259, 1914.

_____. Euphorbiaceae. In: Engler, A. & Prantl, K. (eds.). **Die Natürlichen Pflanzenfamilien**. Engelmann, Leipzig. 19c, p.11-233, 1931.

PERÉZ, A. Caracterización ecoanatômica del leño de 40 especies de bosque La Mucuy, Estado Mérida, Venezuela. **Revista Forest. Venez.**, v. 33, p43-51, 1989.

POSSAMAI, R. M. **Guia ilustrado da flora arbórea do Morro do Osso, Porto Alegre, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1997. 367 p. (Monografia do Curso de Bacharelado em Botânica-UFRGS).

POMPERT, M. G. de. Estudio morfo-anatomico de los especies de *Sapium* (Euphorbiaceae). **Bonplandia**, Corrientes, v. 6, n.3, p. 197-210. 1989.

RAMBO, B. Euforbiáceas riograndenses. **Pesquisas**, Série Botânica, São Leopoldo, n. 9, p. 1-78, 1960.

R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org/>.

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

RENDLE, B. J. On the taxonomic value of the anatomical structure of the vegetative organs of Dicotyledons. 3 The role of anatomy in the practical identification of commercial timbers. **Proc. Linn. Soc. London**, v. 155, n°. 3, p. 218-221, 1944.

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

SANTOS, S. R. dos; MARCHIORI, J. N. C. Tendências anatômicas na flora sul-riograndense. 1 – Elementos vasculares. **Balduinia**, n. 21, p. 01-14, 2010.

SCHULTZ, A. R. **Introdução ao estudo da Botânica Sistemática**. Porto Alegre: Livraria do Globo, 1943. p. 377-383.

SIEGLOCH, A. M.; SANTOS, S. R.; MARCHIORI, J. N. C. Estudo anatômico do lenho de *Colliguaya brasiliensis* Klotzsch ex Baill. (Euphorbiaceae). **Balduinia**, n. 27, p. 27-33, 2011.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Notulae Euphorbiacearum. **Sellowia**, Itajaí, n. 11, p. 149-231, 1959.

_____.; DOWNS, R. J.; KLEIN, R. M. Euforbiáceas. In: REITZ, R. (ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988. 408 p.

SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos: RiMA: Novo Ambiente, 2012. 357 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. p. 358-368.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG III. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012. 768 p.

TAKHTAJAN, A. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). **Botanical Review**, v.46, p. 225-359, 1980.

THORNE, R. F. A phylogenetic classification of the Angiospermae. **Evolutionary Biology**, v. 9, p. 85-117, 1976.

TITMUSS, F. H. A. **Concise encyclopaedia or world timbers**. London: Mechanical Press, 1948. 156p.

TORTORELLI, L. A. **Maderas y bosques argentinos**. Buenos Aires: Editorial ACME, 1956. 910 p.

TUSET, R.; DURAN, F. **Descripción y clave macroscópicas de maderas comerciales en Uruguay**. Montevideo: Universidad de La Republica, 1970. 63 p. (Bol. 114).

WEBBER, I. E. The woods of sclerophyllous and desert shrubs and desert plants of California. **Amer. J. Bot.**, v. 23, p. 181-188, 1936.

WEBSTER, G.L. Conspectus of a new classification of the Euphorbiaceae. **Taxon**, v. 24, p. 593-601, 1975.

_____. The saga of the spurges: a review of classification and relationships in the Euphorbiales. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 94, p. 3-46, 1987

_____. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, n. 81, p. 33-144, 1994.

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

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

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

WOODCOCK, D. W.; SANTOS, G.; REYNEL, C. Wood characteristics of Amazon forest types. **IAWA Journal**, v. 21, n°. 3, p. 277-292, 2000.

WURDACK, K. J.; HOFFMANN, P.; CHASE, M. W. Molecular phylogenetic analysis of uniovulate Euphorbiaceae (Euphorbiaceae *sensu stricto*) using plastid *RBCL* and *TRNL-F* DNA sequences. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 8, p.1397-1420, 2005.

_____.; HOFFMANN, P.; SAMUEL, R.; BRUIJN, A.; VAN DER BANK, M. & CHASE, M. W. Molecular phylogenetic analysis of Phyllanthaceae (Phyllanthoideae pro parte, Euphorbiaceae s.l.) using plastid *rbcl* dna sequences. **American Journal of Botany**, v. 91, p. 1882-1900, 2004.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica**: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117 p.

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

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

_____.; ROIG, F. Wood structure of *Prosopis alpataco* y *P. argentina* growing under different edaphic conditions. **IAWA Journal**, v.18, p. 37-51, 1997.

VINCINI, L. **Análise multivariada**: da teoria à prática. Orientador: Adriano Mendonça Souza. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215 p.

VLIET, G. J. C. M. van. Wood anatomy of the Combretaceae. **Blumea**, v. 25, p. 141-223, 1979.

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

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

ZIMMERMANN, M. H. Functional xylem anatomy of Angiosperm trees. In: BAAS, P. **New perspectives in wood anatomy**. The Hague: Nijhoff/Junk, 1982. p. 59-70.