

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE RAIZ E CAULE DE *Lippia salviaefolia*
CHAM. E *Aegiphila sellowiana* CHAM. (VERBENACEAE) DE ÁREA DE CERRADO DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

SELMA LOPES GOULART

PROF^a DR^a CARMEN REGINA MARCATI

ORIENTADORA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia, Campus de Botucatu UNESP,
para a obtenção de título de Mestre em
Ciências Biológicas (Botânica), AC:
Morfologia e Diversidade Vegetal

BOTUCATU – SP

2006

*Ao meu pai Pedro
e à minha mãe Josina
pela maravilhosa oportunidade
de ter me dado à vida*

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Goulart, Selma Lopes.

Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de *Lippia salviaefolia* Cham.
E *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae) de área de cerrado do Estado de
São Paulo / Selma Lopes Goulart. – 2006.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Bióciências de Botucatu, 2006.

Orientadora: Carmen Regina Marcati

Assunto CAPES: 20302002

1. Anatomia vegetal 2. Raízes(Botânica) 1.
Plantas - Anatomia

CDD 581.10428

Palavras-chave: Anatomia; *Aegiphila sellowiana*; Caule; *Lippia salviaefolia*; Madeira;

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força para conseguir chegar até o final desse mestrado. À professora Carmen Regina Marcati pela orientação, disponibilidade e incentivo para minha formação profissional e também pessoal. Aos meus queridos irmãos, Magno, Silvia, Marcelo e Águida pelo incentivo, força e compreensão nos momentos que tanto fiquei ausente. Ao meu grande amigo e eterno professor Flávio Botrel Vicentini por me fazer acreditar que os sonhos podem se tornar realidade, a você Flávio o meu muito obrigado. As amigas do coração, Débora, Patrícia, Marisa, por ter tido calma comigo nos momentos difíceis. Ao amicíssimo Vagner Maximino por ter me apresentado a Botânica e também a Botucatu. Agradeço também as minhas amigas de república, Ana, Perê, Julia, P-núria, por estar comigo todo esse tempo, sempre me apoiando e acreditando. O meu muito obrigado também para a Saxa, Fernanda, Leandro, Flato e Alexandre pelos conselhos e ajuda na realização do meu trabalho. Ao Cantídio Fernando pela amizade, sempre pronto com conselhos sábios. Muito obrigado ao Departamento de Ciências Florestais (FCA) e Departamento de Botânica por ter me acolhido com tanto carinho para a realização do meu trabalho. E ao Clemente pela ajuda nas coletas de campo e a professora Dra. Liciania na realização das análises estatísticas. Agradeço também de coração o querido Gustavo Miranda, a Bel e ao meu primo Alan pelo grande apoio nesta fase final do meu trabalho.

ÍNDICE

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2. 1. GERAL.....	8
2. 2. ESPECÍFICOS.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
Capítulo 1.....	14
Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de <i>Lippia salviaefolia</i> Cham. (Verbenaceae).....	15
Introdução.....	17
Material e métodos.....	18
Resultados.....	20
Discussão.....	22
Referências bibliográficas.....	26
Capítulo 2.....	45
Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de <i>Aegiphila sellowiana</i> Cham. (Verbenaceae).....	46
Introdução.....	48
Material e métodos.....	48
Resultados.....	51
Discussão.....	52
Referências bibliográficas.....	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

GOULART, S. L. ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE RAIZ E CAULE DE *LIPPIA SALVIAEFOLIA* CHAM. E *AEGIPHILA SELLOWIANA* CHAM. (VERBENACEAE) DE ÁREA DE CERRADO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2006. 76 P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, BOTUCATU.

RESUMO

Estudos comparativos da anatomia do lenho de raiz e caule em espécies brasileiras são escassos, porém de grande importância, uma vez que as variações estruturais entre os dois órgãos são indispensáveis para o entendimento das adaptações ecológicas das espécies. Neste trabalho estudou-se a anatomia comparada do lenho de raiz e caule das espécies *Lippia salviaefolia* Cham. e *Aegiphila sellowiana* Cham., da família Verbenaceae. As espécies ocorrem em reserva particular de cerrado no município de Pratânia, estado de São Paulo (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Foram estudados três espécimes de *L. salviaefolia* e *A. sellowiana*. Amostras de caule foram coletadas à altura do peito (AP), isto é, a 1,30 m do solo e as amostras de raiz foram coletadas de 30 a 40 cm da base do tronco. Observou-se que houve variações anatômicas, qualitativa e quantitativa, entre os órgãos analisados, caule e raiz, para ambas as espécies. As duas espécies possuem camadas de crescimento distintas em ambos os órgãos. Anel semi-poroso foi observado no lenho de ambas as espécies. Placas de perfuração simples e múltiplas foram observadas nos elementos de vaso do lenho de raiz e caule em *L. salviaefolia*, enquanto que placas de perfuração simples foram observadas nos elementos de vaso do lenho de raiz e caule em *A. sellowiana*. Raios mais largos foram observados no lenho de raiz em ambas as espécies. Fibras septadas foram observadas no lenho de raiz em *L. salviaefolia* e no lenho de caule e raiz em *A. sellowiana*. Fibras bifurcadas, com cavidades e com interrupção de parede foram observadas no lenho de caule e raiz em *L. salviaefolia* e *A. sellowiana*. O índice de vulnerabilidade e mesomorfia indicam que as plantas de *L. salviaefolia* estão adaptadas às condições xéricas e as plantas de *A. sellowiana* estão adaptadas às condições métricas. Quantitativamente, as características mais informativas que diferiram o lenho da raiz do de caule em *L. salviaefolia* foram: comprimento e frequência de vaso, comprimento, diâmetro e espessura da parede das fibras e largura e altura de raios. Em *A. sellowiana* foram: comprimento, diâmetro e frequência de vaso, diâmetro e espessura da parede da fibra, largura, altura e frequência de raio e diâmetro da pontuação intervacular.

Palavras-chave: anatomia da madeira, raiz, caule, *Aegiphila sellowiana*, *Lippia salviaefolia*

GOULART, S. L. **COMPARATIVE WOOD ANATOMY OF ROOT AND STEM OF *LIPPIA SALVIAEFOLIA* CHAM. AND *AEGIPHILA SELLOWIANA* CHAM. (VERBENACEAE) FROM CERRADO AREA IN THE STATE OF SÃO PAULO.** 2006. 76 P.

ABSTRACT

Comparative wood anatomy of root and stem in Brazilian species are scarce and they are important as the structural variations between both organs might explain the adaptive characteristics of the species. Wood from stem and root of *L. salviaefolia* Cham. and *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae) was studied. The study was conducted in a cerrado area in Pratânia municipality, São Paulo state (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Three plants of each species were studied. Stem samples were collected at a breast height (1.30 m from soil), and root samples were collected 30 to 40 cm from the stem base. There were qualitative and quantitative variation between root and stem wood in both species. Well defined growth increments were observed in root and stem wood in both species. Semi-porous rings were observed in the wood of both species. Simple and multiple perforation plates were observed in vessel elements of root and stem wood in *L. salviaefolia*, while simple perforation plates were observed in vessel elements of root and stem wood in *A. sellowiana*. Wider rays were observed in root wood in both species. Septate fibres were observed in root wood of *L. salviaefolia* and in root and stem wood of *A. sellowiana*. Concavities-and-gaps-containing bifurcated fibres were observed in the stem and root wood for both *A. sellowiana* and *L. salviaefolia*. The vulnerability and mesomorphy indexes indicate that *L. salviaefolia* plants are adapted to xeric conditions and *A. sellowiana* plants are adapted to mesic conditions. The most informative quantitative characteristics differing root wood from stem one in *L. salviaefolia* were: vessel elements length and frequency; fibre diameter and length, and wall thickness; and ray width and height. In *A. sellowiana*, they were: vessel elements length, diameter and frequency; fibre diameter and wall thickness; and ray width, height and frequency and intervacular pitting diameter.

Key-words – wood anatomy, stem, root, *Aegiphila sellowiana*, *Lippia salviaefolia*

1. INTRODUÇÃO

A família Verbenaceae compreende cerca de 175 gêneros e 2800 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, nas regiões temperadas do Hemisfério Sul e poucas nas regiões temperadas do Hemisfério Norte (Barroso 1991). Dentre as dicotiledôneas com princípios aromáticos, esta família é considerada importante com alguns de seus representantes com uso medicinal por suas propriedades digestivas (Fester *et al.* 1961, Sorarú & Bandoni 1978, Ratera & Ratera 1980). Segundo Salimena (2002), são os óleos essenciais extraídos das folhas de muitas espécies que apresentam propriedades medicinais.

Estudos que tratam da anatomia da madeira de espécies da família Verbenaceae são poucos, realizados em caules, e destacam-se os de cunho geral apresentados por Metcalfe & Chalk (1950) e por Détienne & Jacquet (1983). Além destes, pode também ser citado o estudo de Ohtani *et al.* (1989) que trata da ocorrência de placas de perfuração múltiplas em vasos do lenho de *Gmelina arborea* Roxb., e os estudos de Gomes *et al.* (1989) e Marcati (2000) que tratam da estrutura anatômica do lenho de *Citharexylum myrianthum* Cham., que ocorre em Curitiba (estado do Paraná) e Botucatu (estado de São Paulo), respectivamente. Salvo as descrições realizadas por Metcalfe & Chalk (1950) para os gêneros *Lippia* e *Aegiphila*, e por Détienne & Jacquet (1983) para *Aegiphila intermedia*, não há estudos que tratem da anatomia do lenho de caule e raiz de *Lippia salviaefolia* Cham. e de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Os estudos sobre a anatomia do lenho têm sido realizados preferencialmente sobre caules, sendo poucos os que tratam do lenho de raízes (Gasson & Cutler 1990). Segundo Prakasch (1972) e Cutler (1976), a dificuldade na coleta das raízes e por se assumir que o lenho da raiz seja semelhante ao do caule, colaboram com o número pequeno de estudos comparados entre os dois órgãos. Estes poucos estudos são recentes (Ewers *et al.* 1997, Machado *et al.* 1997, Psaras & Sofroniou 2004) e importantes uma vez que as variações estruturais entre os dois órgãos (raiz e caule) são indispensáveis para o entendimento das adaptações ecológicas das espécies (Machado *et al.* 1997).

O presente trabalho vem contribuir com informações sobre a anatomia estrutural da madeira de raiz e caule de *Lippia salviaefolia* Cham e *Aegiphila sellowiana* Cham., da família Verbenaceae, e correlaciona as características anatômicas estruturais da raiz e do caule com as prováveis adaptações ecológicas da espécie no ambiente de cerrado.

2. OBJETIVOS

2. 1. GERAL

Estudar a anatomia da madeira do caule e da raiz de duas espécies da família Verbenaceae em área de cerrado do estado de São Paulo, visando analisar, comparativamente as características qualitativas e quantitativas do xilema secundário nesses dois órgãos.

2. 2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar anatomicamente o xilema secundário do caule e da raiz de *Lippia salviaefolia* Cham. e *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae), ocorrentes em cerrado.
- Diagnosticar possíveis diferenças estruturais qualitativas e quantitativas em relação aos dois órgãos (caule e raiz), nas duas espécies.
- Correlacionar às diferenças estruturais observadas, com prováveis adaptações ecológicas das espécies.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muito rico floristicamente, o cerrado destaca-se pela sua biodiversidade devido à sua grande extensão e heterogeneidade vegetal (Klink 1996, Alho & Martins 1995). Esse ecossistema chega a abranger entre 20 e 25% do território nacional (Joly 1970, Ratter *et al.* 1997) e é formado por um mosaico de diferentes tipos de vegetação que refletem a biodiversidade de climas, solos e topografia, estendendo-se de 5° a 20° de latitude Sul e de 45° a 60° de longitude Oeste (Resende *et al.* 1995). Apresenta um clima com duas estações distintas, seca e úmida, sendo que a estação seca varia de quatro a sete meses. No que se refere à distribuição pluviométrica, a variação é de 800 a 2000 mm (Castro *et al.* 1994).

Apesar da importância que o cerrado representa no Brasil, em virtude da sua biodiversidade, existe uma carência de informações fisiológicas, ecológicas, florísticas e fitossociológicas acerca de suas espécies vegetais, sendo que em algumas áreas, sequer, foram feitas coletas de material botânico (Felfili *et al.* 1992). Além disso, este bioma vem sofrendo grande devastação nas últimas décadas, tanto pela pecuária quanto pela agricultura extensiva (Franco 2002), o que torna esses estudos de fundamental importância.

No estado de São Paulo, o cerrado pertence, em sua maior parte, às áreas de propriedade do governo do Estado, particularmente às Estações Ecológicas de Mogi-Guaçu, Itirapina e Jataí, além de pequenas áreas particulares dispersas (Leitão-Filho 1992).

Estudos da anatomia da madeira em espécies de cerrado ainda são poucos frente à biodiversidade deste ecossistema. Podem ser citados alguns trabalhos com esse enfoque, tais como o de Pinho (1966) que realizou estudos anatômicos no lenho de árvores da flora dos cerrados típicos, sendo nove espécies do estado de São Paulo (*Copaifera langsdorfii* Desf., *Didymopanax vinosum* Mart., *Ouratea spectabilis* Mart., *Qualea grandiflora* Mart., *Qualea multiflora* Mart., *Tecoma avellanadae* Spreng., *Tectona chrysotricha* Mart., *Terminalia argentea* Mart. et Zucc., *Vochysia tucanorum* Mart.), e três do estado de Minas Gerais (*Caryocar brasiliense* Camb., *Curatella americana* L., *Magonia pupescens* St.) avaliando as características microscópicas da madeira. Pinho & Camargo (1979) que estudaram seis espécies (*Byrsonima variabilis* A. Juss., *Calophyllum brasiliense* Camb., *Casearia sylvestris* Sw., *Couepia grandiflora* Benth., *Piptadenia falcata* Benth., *Terminalia brasiliensis* Camb.) de cerrados típicos no município de São Simão, estado de São Paulo. Pinho *et al.* (1992) que estudaram cinco espécies (*Conarus suberosus* Planch., *Erythroxylum tortuosum* Mart., *Miconia albicans* Steud., *Roupala brasiliensis* Klotzsch., *Strychnos pseudoquina* A.St. Hil.) provenientes dos cerrados de Itirapina e Mogi-Guaçu, estado de São Paulo. Estes estudos têm grande importância, pois além de auxiliarem na identificação das

espécies também auxiliam no reconhecimento de características do lenho que podem indicar a presença de mecanismos adaptativos ao cerrado.

Os trabalhos em anatomia da madeira têm sido realizados, preferencialmente, em madeiras de caules de plantas. No entanto, quando se trata da anatomia do xilema secundário da raiz, principalmente em relação à estrutura secundária, observa-se que há uma falta muito grande de informações. Segundo Prakash (1972), isso se deve ao fato de que não tem sido dada importância econômica às raízes e também por se assumir que as madeiras das raízes sejam anatomicamente semelhantes às do caule. Cutler (1976) afirma que a falta de interesse nesses estudos se deve, provavelmente, ao fato da grande dificuldade em se coletar as raízes, principalmente quando se trata de espécies arbustivas e arbóreas.

Os poucos estudos sobre o sistema radicular de plantas arbóreas que consideram a anatomia do xilema secundário, são geralmente de natureza quantitativa. Referem-se basicamente à relativa proporção de tecidos, à dimensão dos elementos celulares e à largura das camadas de crescimento (Prakash 1972, Cutler 1976).

Dentre os estudos que tratam da anatomia da madeira de raiz, podem ser citados os trabalhos de: Prakash (1972) que analisou e descreveu o lenho de raiz de 49 espécies de plantas tropicais; Cutler (1976) que verificou a variação na anatomia do lenho de raiz em *Fraxinus excelsior* L. (Oleaceae), *Acer pseudoplatanus* (Aceraceae) e outras quatro espécies arbóreas; Chalk (1989) que fez uma compilação de trabalhos e descreveu a estrutura secundária do xilema de raízes de várias espécies arbóreas, a maioria encontrada em regiões temperadas; e Gasson & Cutler (1990), que descreveram o lenho de raiz de 17 gêneros ocorrentes nas Ilhas Britânicas.

Em se tratando da anatomia comparada do lenho de raiz e caule de espécies não brasileiras, encontramos os estudos de Lim & Soh (1996) e Soh & Lim (1987) que estudaram, respectivamente, o xilema secundário de raiz e caule de espécies de *Pinus* e lauráceas coreanas. Ranjani & Krishnamurthy (1987) que realizaram um estudo comparativo do lenho de raiz e caule em 11 espécies da subfamília Mimosoideae (Leguminosae) (*Acacia arabica*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia leucophloea*, *Adenantha pavonina*, *Albizzia amara*, *Albizzia lebbeck*, *Dichrostachys cinerea*, *Enterolobium saman*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* e *Prosopis spicigera*) e demonstraram que houve diferenças entre caule e raiz. Em *Acacia arabica*, a frequência de vasos foi maior nas raízes, enquanto que o contrário foi observado em *Pithecellobium dulce*. Nas raízes de todas as espécies estudadas, as fibras mostraram-se com paredes muito mais delgadas e continham grãos de amido e inclusões fenólicas.

Ewers *et al.* (1997) analisaram o diâmetro de vasos em raiz e caule de lianas tropicais, árvores e arbustos, mostrando que, em lianas, este diâmetro foi consideravelmente maior. Segundo os autores, o hábito da planta é fator importante que pode influenciar a estrutura anatômica do

lenho. Os vasos maiores em lianas seriam necessários para uma adequada condutividade e suprimento de água para as folhas (Ewers *et al.* 1990, Fisher & Ewers 1995).

Psaras & Sofroniou (2004) analisaram o lenho de raiz e caule de arbustos de *Phlomis fruticosa* (Labiatae), e seus estudos mostraram que a espécie é adaptada para tolerar as condições impostas pelo clima do Mediterrâneo (verão seco e inverno frio). Segundo os autores, esta planta apresenta a madeira do caule com vasos estreitos, o que confere alta resistência à condutividade, entretanto fornece segurança durante o verão seco e o frio do inverno. Os vasos da raiz são quase duas vezes mais largos do que os do caule, e a capacidade de condução da raiz, segundo os autores, é aproximadamente 14 vezes maior do que a capacidade do caule.

O caule e a raiz desempenham funções diferentes, pois crescem sob a influência de fatores ambientais diversos, podendo se esperar diferenças anatômicas no lenho desses dois órgãos (Esemann-Quadros, 2001). Segundo Morrison (1953) em seus estudos com histologia comparada de xilema secundário de caule e raízes expostas e subterrâneas de árvores em seis espécies (*Carpodetus seratus*, *Fuchsia excorlicata*, *Criselinia littoralis*, *Melicytus ramiflorus*, *Nothopanax colensoi*, *Pseudopanax crassifolium*) da Nova Zelândia, encontrou similaridades anatômicas entre a estrutura de raiz aérea e caule, raiz subterrânea e caule subterrâneos, justificados por esses órgãos estarem sujeitos a condições ambientais similares ou desempenharem funções semelhantes.

Espécies brasileiras tem sido objeto de poucos estudos comparativos da anatomia da madeira de raiz e caule. Dias-Leme (1994) comparou a anatomia do lenho de raiz, caule e ramo de algumas espécies de Euphorbiaceae da Mata Atlântica e verificou que a madeira do caule apresenta diferenças anatômicas quantitativas como: frequência de vasos por mm² maior para os ramos; diâmetro dos vasos maior para as raízes; comprimento das fibras maior para os caules; e frequência dos raios maior para os ramos.

Machado *et al.* (1997) compararam a anatomia do lenho de raiz e caule de *Styrax camporum* (Styracaceae), arbusto muito comum nas vegetações de cerrado do sudoeste do Brasil, e observaram diferenças qualitativas e quantitativas entre o caule e a raiz. Segundo os autores, a raiz possui vasos curtos e largos, com placas de perfuração simples, enquanto que no caule os vasos se apresentam compridos e estreitos, com placas de perfuração múltiplas. A ocorrência de placa de perfuração simples na madeira da raiz, segundo os autores, pode ser considerada como uma adaptação às condições ambientais do cerrado, já que o solo se apresenta muito seco na superfície. De acordo com os autores, estas diferenças vêm reforçar a opinião de outros autores, de que nosso conhecimento sobre peculiaridades da raiz de plantas lenhosas, bem como sobre as diferenças estruturais entre os dois órgãos, quando em estrutura secundária, é muito superficial. Os autores relatam, ainda, a importância teórica de tais diferenças na questão da origem e evolução de órgãos vegetativos individuais.

Esemann-Quadros (2001), estudando a anatomia de raiz e caule de *Clusia criuva* (Clusiaceae) de diferentes ambientes, observou diferenças significativas quanto a frequência de vasos e dos raios, comprimentos dos elementos de vasos e das fibras e altura das pontoações intervasculares. Segundo a autora, as plantas da Floresta Ombrófila Densa (Montana) apresentaram os menores valores para frequência de vasos, comprimento dos elementos de vaso e das fibras, e altura das pontoações intervasculares. Ainda, segundo a autora, camadas de crescimento estão presentes no lenho de todas as raízes subterrâneas e aéreas, entretanto estão menos demarcadas do que as camadas de crescimento no lenho do caule.

Segundo Esemann-Quadros (2001), os estudos que comparam a estrutura anatômica do lenho de raiz e caule apontam tendências, tais como: as raízes apresentam vasos com diâmetro maior, elemento de vasos mais longos, frequência de vasos menor, fibras mais curtas e em menor quantidade, raios heterocelulares, poucos especializados, mais largos e em menor quantidade, parênquima axial em menor quantidade. A raiz ainda pode apresentar vasos solitários em maioria, quando no caule estão agrupados. Placas de perfuração simples, quando no caule ocorrem múltiplas.

Conforme estabelecido pelo conselho da área de Botânica do programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas/Botânica, os resultados obtidos durante a execução deste projeto de Mestrado foram reunidos em artigos científicos para publicação, os quais estão sendo apresentados de acordo com as normas da Revista Brasileira de Botânica e Acta Botanica Brasílica, respectivamente.

Capítulo 1

Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de *Lippia salviaefolia* Cham. (Verbenaceae)¹

SELMA LOPES GOULART^{2,4} e CARMEN REGINA MARCATI³

¹1. Parte da Dissertação de Mestrado de S.L. Goulart, desenvolvida no Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

2. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Caixa Postal 510, 13618-000 Botucatu, SP, Brasil.

3. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Recursos Naturais - Ciências Florestais, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu, SP, Brasil.

4. Autor para correspondência: lopesgoulart@yahoo.com.br

Título resumido: Lenho de raiz e caule de *Lippia salviaefolia*

ABSTRACT – (Comparative wood anatomy of root and stem of *Lippia salviaefolia* Cham. (Verbenaceae)). Wood from stem and root of *L. salviaefolia* Cham. (Verbenaceae) was studied. The study was conducted in a cerrado area in Pratânia municipality, São Paulo state (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Three plants were collected for the study. Stem samples were collected at a breast height (1.30 m from soil), and root samples were collected 30 to 40 cm from the stem base. There were qualitative and quantitative variation between root and stem wood. Well defined growth increments were observed in root and stem wood. Simple and multiple perforation plates were observed in vessel elements in root and stem wood, however radiate plates were observed only in root wood. Septate fibres and wider rays were observed in root wood. The most informative quantitative characteristics differentiating root wood from stem wood were: vessel elements length and frequency; fibre length, diameter and wall thickness; and ray width and height.

Key-words – wood anatomy, stem, root, *Lippia salviaefolia*

RESUMO – Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de *Lippia salviaefolia* Cham. (Verbenaceae). O presente trabalho vem contribuir com informações sobre a anatomia estrutural da madeira de raiz e caule de *L. salviaefolia* Cham. (Verbenaceae). O estudo foi conduzido em área de cerrado, no município de Pratânia, estado de São Paulo (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Três espécimes de *Lippia salviaefolia* foram coletados. Amostras do caule foram coletadas à altura do peito (AP), isto é, a 1,30 m do solo e as amostras de raiz foram coletadas de 30 a 40 cm da base do tronco. Houve variação qualitativa e quantitativa entre o lenho de raiz e de caule nas plantas de *L. salviaefolia*. Camadas de crescimento bem definidas foram observadas no lenho de caule e raiz de *L. salviaefolia*. Placas de perfuração simples e múltiplas foram observadas nos elementos de vaso tanto no lenho de caule quanto no de raiz, entretanto placas radiadas foram encontradas apenas no lenho de raiz. Foram observadas fibras septadas e raios mais largos no lenho de raiz. As características quantitativas mais informativas que diferenciam o lenho da raiz do de caule em *L. salviaefolia* foram comprimento e frequência de vasos, comprimento, diâmetro e espessura da parede das fibras e largura e altura de raios. Palavras-chave- anatomia da madeira, caule, raiz, *Lippia salviaefolia*

Introdução

A família Verbenaceae compreende cerca de 175 gêneros e 2800 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, nas regiões temperadas do Hemisfério Sul e poucas nas regiões temperadas do Hemisfério Norte (Barroso 1991). Dentre as dicotiledôneas com princípios aromáticos, esta família é considerada importante com alguns de seus representantes utilizados na medicina popular por suas propriedades digestivas (Fester *et al.* 1961, Sorarú & Bandoni 1978, Ratera & Ratera 1980). Segundo Salimena (2002), são os óleos essenciais extraídos das folhas de muitas espécies que apresentam propriedades medicinais. O gênero *Lippia* L., com muitas espécies de interesse medicinal, reúne cerca de 200 espécies arbustivas com distribuição pantropical e cerca de 150 espécies que estão distribuídas por campos rupestres e cerrados no Brasil (Salimena 2002). *L. salviaefolia*, espécie deste estudo, é arbustiva e típica dos cerrados brasileiros (Sano & Almeida 1998).

Estudos que tratam da anatomia da madeira de espécies da família Verbenaceae são poucos, realizados em caules, e destacam-se os de cunho geral apresentados por Metcalfe & Chalk (1950) e por Détienne & Jacquet (1983). Além destes, pode também ser citado o estudo de Ohtani *et al.* (1989) que trata da ocorrência de placas de perfuração múltiplas em vasos do lenho de *Gmelina arborea* Roxb., e os estudos de Gomes *et al.* (1989) e Marcati (2000) que tratam da estrutura anatômica do lenho de *Citharexylum myrianthum* Cham., que ocorre em Curitiba (estado do Paraná) e Botucatu (estado de São Paulo), respectivamente. Salvo as descrições realizadas por Metcalfe & Chalk (1950) para o gênero *Lippia* L., não há estudos que tratem da anatomia do lenho da espécie *Lippia salviaefolia* Cham.

Os estudos sobre a anatomia do lenho têm sido realizados preferencialmente sobre caules, sendo poucos os que tratam do lenho de raízes (Gasson & Cutler 1990). Segundo Prakasch (1972) e Cutler (1976), a dificuldade na coleta das raízes e por se assumir que o lenho da raiz seja semelhante ao do caule, colaboram com o número pequeno de estudos comparados entre os dois órgãos. Estes poucos estudos são recentes (Ewers *et al.* 1997, Machado *et al.* 1997, Psaras & Sofroniou 2004) e importantes uma vez que as variações estruturais entre os dois órgãos (raiz e caule) são indispensáveis para o entendimento das adaptações ecológicas das espécies (Machado *et al.* 1997).

O presente trabalho vem contribuir com informações sobre a anatomia estrutural da madeira de raiz e caule de *L. salviaefolia* Cham (Verbenaceae) e correlaciona as características anatômicas estruturais da raiz e do caule com as prováveis adaptações ecológicas da espécie no ambiente de cerrado.

Material e métodos

Área de estudo - O estudo foi conduzido em área de cerrado localizada em uma propriedade particular, Fazenda Palmeira da Serra, no município de Pratânia, estado de São Paulo (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Segundo Carvalho *et al.* (1991), o tipo climático do município é definido como Cwb (mesotérmico de inverno seco), dado obtido pela classificação de Köppen (1931), em que o mês mais quente não apresenta temperatura média maior que 22°C, sendo o mês de julho o mais frio e seco. A precipitação média anual é de aproximadamente 1534 mm e a temperatura média de 20,3 °C. A estação seca estende-se de maio a setembro, sendo a média de precipitação de 81 a 89 mm, respectivamente. O mês de janeiro predomina como o mais quente (22,7 °C) e úmido (242 mm) e o mês de julho o mais frio (16,6 °C) e seco (38 mm). Para a caracterização do solo da área de estudo, foram coletadas amostras conforme as recomendações do Laboratório de Física e Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu. Coletaram-se amostras de 20 locais diferentes e cada amostra foi retirada a 20 cm de profundidade. Estas amostras foram destorroadas e homogeneizadas, sendo retiradas 300 gramas para análise nesse mesmo Laboratório. -

Coleta - Três espécimes de *Lippia salviaefolia* foram coletados (figura 1) com aproximadamente mesma altura, em fase adulta, e não muito distantes uns dos outros, evitando assim alterações estruturais em função de fatores edáficos ou climáticos. Do material botânico coletado, foram preparadas exsiccatas que foram depositadas no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujiniov” (BOTU) do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Amostras do caule foram coletadas à altura do peito (AP), isto é, 1,30 m do solo (figura 1). As amostras de raiz foram coletadas de 30 a 40 cm da base do tronco (figura 1). Os materiais lenhosos (raiz e caule) foram depositados na Xiloteca “Maria Aparecida Mourão Brasil” (BOTw) do Departamento de Recursos Naturais-Ciências Florestais, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP. As informações sobre os espécimes estudados encontram-se na tabela 1.

Preparo do material e obtenção dos cortes - As amostras coletadas foram fixadas em FAA 70 (ácido acético, formaldeído e etanol 70%) (Berlyn & Miksche 1976) e armazenadas no mesmo fixador até o início das preparações histológicas. Para a retirada adequada dos corpos-de-prova, uma análise prévia criteriosa das amostras coletadas foi realizada, visando evitar possíveis irregularidades do lenho, bem como para assegurar a orientação adequada dos três planos de corte (transversal e longitudinal - tangencial e radial). A apreciação da orientação dos elementos celulares de cada amostra foi realizada com o auxílio de uma lupa de bolso do tipo conta-fios (10x de aumento). Após a identificação com

lápiz cópia em cada amostra, os corpos de prova foram retirados com auxílio de serra manual. Os corpos de prova continham aproximadamente 1,5 cm x 2,0 cm x 2,0 cm, conforme recomendações da COPANT (1974). Como os corpos-de-prova foram obtidos de material recém coletado, ainda verde, e o lenho da espécie naturalmente apresenta-se macio, foi possível a confecção dos cortes histológicos sem o prévio amolecimento dos tecidos que normalmente é feito por cozimento em água e glicerina. Cortes histológicos transversais e longitudinais (tangenciais e radiais) com cerca de 15 a 20 µm de espessura foram obtidos em micrótomo de deslize (marca Reichert) com navalha tipo C, adequada para a confecção de cortes finos de madeira.

Montagem de lâminas permanentes - Os cortes obtidos em micrótomo foram separados em dois grupos, sendo que os cortes de um dos grupos passaram pelo processo de coloração. Estes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 50%, em temperatura ambiente, por aproximadamente dois minutos, lavados em água destilada e água acética e corados com azul de astra aquoso a 1% (Roeser 1972) e safranina aquosa a 1% (Bukatsch 1972). Após a coloração, os cortes foram desidratados em série etanólica crescente (30%, 50%, 70%, 90%, 95% e 100%), passando ao final por acetato de butila para a fixação da coloração. O grupo contendo os outros cortes passou pela mesma série etanólica crescente e ao final pelo acetato de butila. Os cortes coloridos e os naturais foram montados com resina sintética.

Dissociação das células do lenho - A dissociação dos elementos celulares foi realizada segundo o método de Franklin (1945), modificado por Berlyn & Miksche (1976). Palitos foram retirados longitudinalmente de cada amostra e colocados em frascos de vidro com solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio 30% (1:1). Os frascos tampados foram levados à estufa a uma temperatura de 60°C por cerca de 24 horas, até que as amostras estivessem esbranquiçadas. O material dissociado foi lavado em água corrente até a retirada total da solução e corado com safranina a 1%, em álcool 50% (Berlyn & Miksche, 1976). As lâminas semi-permanentes contendo o material dissociado foram montadas em solução aquosa de glicerina (1:1).

Análises anatômicas qualitativas - Foram realizadas com a observação dos três planos de corte da madeira (transversal, tangencial e radial) e do macerado. Utilizou-se microscópio de luz para observar camadas de crescimento, vasos, fibras, parênquima axial e radial, bem como inclusões orgânicas e inorgânicas. A presença ou ausência das características anatômicas, bem como as variações das formas, tipos e dimensões das células foram observadas segundo as orientações propostas pelo IAWA Committee (1989) e pelas normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira de Coradin e Muñiz (1992).

Análises anatômicas quantitativas - Foram realizadas a partir de mensurações das células nos três planos de corte da madeira e em macerado, seguindo-se as recomendações do IAWA Committee (1989) e as normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira de Coradin & Muniz (1992). Os dados quantitativos foram obtidos em microscópio de luz acoplado a câmera digital AxioCam e software para análise de imagens Axiovision, e transferidos para planilhas do programa Excel, para posterior análise estatística.

Análises estatísticas - Para a realização das análises estatísticas utilizou-se o programa SAS (Statistical Analysis System) e foram feitas análises de variância simples ($Pr > F 0,05$) e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para estas análises, contamos com o apoio do Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Foram calculados também os índices de vulnerabilidade ($v = \text{diâmetro dos elementos de vaso/freqüência de vasos}$) e de mesomorfia ($m = v \times \text{comprimento dos elementos de vaso}$) (Carlquist 1977).

Resultados

Análise do solo – Os dados dessa análise estão contidos na tabela 2. O solo da área apresenta textura arenosa, com pH ácido, baixa porcentagem de matéria orgânica, teor de alumínio muito alto e baixo teor de cálcio e potássio. Os teores de boro e cobre encontram-se médios, sendo alto para o ferro e baixo para manganês e zinco.

Características qualitativas do lenho de caule e raiz - Camadas de crescimento: distintas (figuras 2 - 5), demarcadas por faixa marginal de parênquima axial (figuras 2 - 5), achatamento radial das fibras no final do lenho tardio (figuras 4, 5) e anel semi-poroso (figuras 2 - 5), tanto no caule quanto na raiz. Poros/Vasos: lenho com anel semi-poroso (figuras 2 - 5) em caule e raiz; vasos predominantemente solitários no caule (91%) (figuras 2, 4) e na raiz (90%) (figuras 3, 5), múltiplos de dois (6%) e de três a cinco (2%) para o caule e raiz; placas de perfuração simples (figura 6), múltiplas escalariformes com 8 a 20 barras e intermediárias entre escalariforme e reticulada (figuras 7 - 9) tanto em caule quanto em raiz, placa radiada (figura 10) presente apenas em vasos do lenho de raiz; apêndices podem ou não estar presentes (figuras 11, 12), ocorrendo em uma ou em ambas as extremidades dos elementos de vaso (figura 12) tanto em caule quanto em raiz; pontoações intervasculares areoladas alternas (figuras 13, 23) e pontoações radiovasculares semelhantes às intervasculares em ambos os órgãos (figura 14); tilos presentes (figura 15) em alguns poucos vasos do caule nos três espécimes. Fibras: com pontoações diminutas tanto nas paredes tangenciais (figura 16) quanto nas radiais (figura 17), estando em maior quantidade nestas últimas tanto em caule quanto em raiz; finas a espessas para ambos os órgãos

(figuras 4, 5, 15); fibras septadas (figura 18) encontradas espalhadas apenas no lenho de raiz; raras fibras com cavidades (figuras 19, 20) tanto em caule quanto em raiz; com bifurcações (figura 21) e com terminações de formatos variados (figura 22) tanto em caule quanto em raiz. Parênquima axial – em faixas (figuras 2 - 5) e vasicêntrico escasso (figuras 4, 5, 23); duas (figuras 13, 24) a quatro células por série tanto em caule quanto em raiz. Raios – uni e multisseriados com até duas células de largura em caule (figura 25) e até quatro células de largura em raiz (figura 26); células quadradas, eretas e procumbentes misturadas no raio (figura 27); células envoltivas (figura 18). Máculas – presentes em caule e raiz (figuras 28, 29). Células perfuradas de raio – presentes (figuras 30 - 33), na região central (figura 32) e na extremidade (figura 31) de raios multisseriados em caule e em raiz. Podem estar em grupos de duas e em grupos de três (figura 3) tanto em caule quanto em raiz; placas de perfurações simples (figuras 30, 32, 33) e pontuações semelhantes as dos vasos (figuras 30 - 33). Conteúdos orgânicos - grãos de amido presentes no parênquima axial e radial (figuras 14, 27, 33) e no lume das fibras septadas (figura 18).

Características quantitativas do lenho de caule e raiz (tabela 3). Entre caules dos três espécimes: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para o comprimento dos elementos de vaso, diâmetro das fibras, e frequência de raios, como mostra a tabela 4. Entre as raízes dos três espécimes: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento, diâmetro e frequência de vasos, comprimento e diâmetro das fibras, largura e altura dos raios, diâmetro das pontuações intervasculares e radiovasculares, como mostra a tabela 5. Entre caule e raiz do espécime 24.301: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento, diâmetro e frequência de vasos, largura dos raios, diâmetro das pontuações intervasculares e radiovasculares, tal como demonstra a tabela 6. Entre caule e raiz do espécime 24.302: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento, frequência de vasos, comprimento das fibras, espessura da parede das fibras, largura e frequência dos raios e diâmetro das pontuações intervasculares, tal como demonstra a tabela 7. Entre caule e raiz do espécime 24.303: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento e diâmetro de vasos, comprimento das fibras, espessura da parede das fibras, largura, altura e frequência de raios e diâmetro das pontuações intervasculares, tal como demonstra a tabela 8. Entre caule e raiz de todos os espécimes: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento e frequências dos vasos, comprimento das fibras, espessura da parede das fibras, largura e altura dos raios e diâmetro das pontuações intervasculares, tal como demonstra a tabela 9.

Discussão

A estrutura anatômica qualitativa do lenho de *Lippia salviaefolia* concorda, em termos gerais, com as prévias descrições realizadas para o gênero por Metcalfe & Chalk (1950).

A análise estatística permitiu observar que houve maior variação na estrutura anatômica da madeira de raízes do que na de caules. O fato das raízes serem mais irregulares entre os espécimes pode ter sido a causa dessa maior variação. Não foram encontradas referências na literatura que pudessem justificar estas variações.

Camadas de crescimento foram observadas no lenho de caule e de raiz em *L. salviaefolia*. Segundo Worbes (1995), para espécies de regiões tropicais, uma estação seca com duração de 2 a 3 meses no ano, com precipitação menor que 60 mm é condição ambiental necessária para que as espécies formem camadas de crescimento em seu lenho. O fato da região de estudo apresentar uma estação seca anual com a duração de 5 meses, com precipitação em torno de 38 a 89 mm neste período, pode estar relacionada à formação de camadas de crescimento nesta espécie.

A presença de camadas de crescimento distintas e bem demarcadas no lenho das raízes desta espécie não concorda com o que foi relatado por Lebedenko (1962) e Zimmermann & Brown (1971) que comentam que há menor evidência de camadas de crescimento no lenho de raízes quando comparado com o de caules. Os autores comentam ainda que estas camadas, quando presentes, seriam menos definidas do que as observadas em caule. A idéia de que as condições ambientais mais uniformes do solo poderiam explicar a menor evidência de camadas de crescimento no lenho de raízes foi sugerida por Lebedenko (1962). Entretanto, estudos conduzidos com espécies brasileiras (Dias-Leme 1994, Machado *et al.* 1997 e Esemann-Quadros 2001) têm demonstrado a presença de camadas de crescimento bem definidas no lenho de raízes, se opondo ao que foi relatado por Lebedenko (1962) e Zimmermann & Brown (1971). Neste estudo foi observado que as raízes de *L. salviaefolia* são superficiais, com menos de um metro de comprimento, ou seja, estão sujeitas às variações que ocorrem no solo. O solo de onde foram retiradas as plantas (área de cerrado) não apresenta capacidade de retenção de água (textura arenosa, pH ácido, baixa porcentagem de matéria orgânica, e teor de alumínio muito alto), o que pode provocar estresse hídrico nestas plantas na estação seca, induzindo a formação de camadas de crescimento tanto no lenho das raízes quanto no dos caules.

Anéis semiporosos foram encontrados no lenho de raiz e caule de *L. salviaefolia*. Segundo Carlquist (1988), anéis semi-porosos proporcionam à espécie vantagem funcional sobre as de porosidade difusa, pois os vasos de maior diâmetro suportam os picos de demanda condutiva quando a

disponibilidade hídrica é sazonal e os vasos de menor diâmetro o máximo em segurança nas épocas do ano em que a disponibilidade hídrica é mínima. Como a região de estudo (cerrado) apresenta sazonalidade de chuvas e as raízes da espécie estudada são superficiais e, portanto sujeitas às variações de umidade que ocorrem no solo, a formação dos anéis semi-porosos em *L. salviaefolia* pode estar relacionada à eficiência e segurança na condução hídrica, como comentado por Carlquist (1988).

A presença de placas de perfuração múltiplas em elementos de vaso no lenho de espécies da família Verbenaceae é comum. Placas múltiplas foram observadas no lenho de caules em *Vitex* sp. por Metcalfe & Chalk (1950), em *Citharexylum myrianthum* por Gomes *et al.* (1989) e em *Gmelina arborea* por Ohtani (1989). Segundo Wheeler & Bass (1991), placas de perfuração múltiplas nos vasos do lenho podem ser importantes em ambientes sazonais, já que retém bolhas de ar evitando assim embolismos, e também favorecem a dissolução das bolhas que poderiam dificultar a condução hídrica nos períodos desfavoráveis. Neste estudo, foram encontradas placas simples e múltiplas tanto no lenho de caules quanto no de raízes em *L. salviaefolia*, entretanto observou-se a presença de placas radiadas apenas no lenho das raízes desta espécie. Não foram encontradas referências na literatura que pudessem justificar a presença de placas radiadas apenas no lenho de raiz.

O comprimento dos elementos de vaso foi maior no caule quando comparado com o da raiz em todos os espécimes estudados. Esse resultado se opõe ao de Cutler (1976) que menciona que no lenho de raiz as células são geralmente mais longas do que no caule, ao de Psaras & Sofroniou (1999) em *Capparis spinosa* (Capparaceae) e ao de Psaras & Sofroniou (2004) em *Phlomis fruticosa* (Labiatae). Entretanto, o resultado concorda com o de Machado *et al.* (1997) para *Styrax camporum* (Styracaceae), espécie que ocorre em área de cerrado. Foram encontradas poucas referências na literatura que pudessem justificar a observação de valores diferenciais para essas características em função dos órgãos analisados.

Com relação ao diâmetro dos vasos, houve muita variação entre os espécimes. Na literatura há controvérsias: Machado *et al.* (1997), Psaras & Sofroniou (1999) e Psaras & Sofroniou (2004) encontraram vasos maiores nas raízes de *Styrax camporum* (Styracaceae), *Capparis spinosa* (Capparaceae) e *Phlomis fruticosa* (Labiatae), respectivamente; enquanto que Cutler (1976) encontrou vasos mais estreitos nas raízes de *Acer pseudoplatanus* (Aceraceae). Segundo Cutler (1976), não devem ser feitas generalizações para tendência de vasos de maior diâmetro em raízes.

A maior frequência de vasos no lenho do caule observada em dois espécimes e na comparação entre todos os espécimes está em discordância com o que foi encontrado no trabalho de Morrison (1953), no de Cutler (1976), e no de Esemann-Quadros (2001), entretanto, está de acordo com o encontrado por Machado *et al.* (1997) em *Styrax camporum* (Styracaceae), espécie que ocorre também

em área de cerrado, e com os estudos de Psaras e Sofroniou (1999, 2004). Segundo Cutler (1976), deve-se ter cuidado ao fazer generalizações com relação à frequência de vasos entre caule e raiz, já que em seus próprios estudos o autor encontrou variação nos resultados.

O índice de vulnerabilidade da espécie estudada indica claramente que as plantas estão adaptadas às condições xéricas do cerrado, já que os valores estão menores ou iguais a 1. O índice de mesomorfia, apesar de ser maior que o valor de 50, indicado como limite máximo para condições xéricas (ver Carlquist 1977), está mais próximo desse valor do que do valor limite mínimo de adaptação a condições métricas, que é 800. Assim, as plantas de *L. salviaefolia* com raízes superficiais, estão adaptadas às condições xéricas do cerrado, onde o solo não apresenta capacidade de retenção de água.

Maior comprimento e espessura da parede das fibras no caule dos espécimes podem estar relacionados à função mecânica de suporte da copa das plantas. Chalk (1989) menciona fibras mais longas na raiz quando comparadas com as do caule em espécies da família Fouquieriaceae e o contrário na espécie *Echium piniana* (Boraginaceae). Psaras & Sofroniou (1999) encontraram fibras mais longas na raiz quando comparadas com as do caule em *Capparis spinosa* (Capparaceae). Machado *et al.* (1997) estudando lenho de raiz e caule em *Styrax camporum* (Styracaceae) em área de cerrado também observou maior comprimento das fibras em raízes quando comparado com o dos caules. As controvérsias encontradas em literatura além da escassez de trabalhos existentes, dificultam desta maneira a realização de uma discussão mais ampla, sobretudo no que diz aos aspectos referentes às vantagens funcionais relacionadas a essas características.

Fibras septadas no lenho de raízes de *L. salviaefolia* podem estar relacionadas à função de armazenamento de água e substâncias de reserva (Chalk 1989), já que as raízes das plantas estudadas são superficiais, o solo da área de estudo (cerrado) é pobre e há variação sazonal na distribuição das chuvas na região de estudo.

Fibras bifurcadas e com terminações de formatos variados foram observadas no lenho de raiz e caule de *L. salviaefolia*. Segundo Esemann-Quadros (2001), estas são resultado de crescimento intrusivo. Cavidades em fibras também foram observadas no lenho de caules e de raízes da espécie. Cavidades já foram observadas em traqueídes, fibras, e parênquima axial no lenho de diferentes famílias de dicotiledôneas (Gomes *et al.* 1988, Luchi & Mazzoni-Viveiros 1988, Zhong *et al.* 1992, Dias-Leme & Angyalossy-Alfonso 1998).

Raios mais largos observados nas raízes quando comparados com os do caule em *L. salviaefolia* podem representar maior eficiência no transporte radial (Alves & Angyalossy-Alfonso 2002), como também mais capacidade de reserva dessas raízes (Lebedenko 1962). O fato das raízes das plantas

estudadas serem superficiais, estarem em solo pobre, e em um ambiente sazonal, pode ter favorecido a formação desses raios mais largos que garantiriam o suprimento de nutrientes necessário nos períodos de seca.

Células perfuradas de raio com placas de perfuração simples foram observadas no lenho de caule e raiz da espécie estudada. As informações sobre estas células são escassas e restritas ao caule de alguns taxa (Chalk & Chattaway 1933, McLean & Richardson 1973, Botosso & Gomes 1982, Giraud 1983, Serdar *et al.* 2004, Ceccantini & Angyalossy-Alfonso 2000, Machado & Angyalossy-Alfonso 1995). Células perfuradas de raio têm sido observadas em raiz e caule de várias espécies de cerrado (Oliveira *et al.* estudo em andamento). Seu valor taxonômico e funcional em diferentes taxa permanece questionável (Serdar *et al.* 2004).

Concluindo, a variação entre o lenho de raiz e de caule de *L. salviaefolia* pode ser resultado de adaptações funcionais especialmente com respeito à eficiência condutora e segurança quanto ao transporte de água. A presença de camadas de crescimento bem definidas no lenho de caule e raiz de *L. salviaefolia* pode estar relacionada às variações pluviométricas durante o ano. Placas de perfuração múltiplas nos elementos de vaso tanto no lenho de caule quanto no de raiz podem estar presentes para evitar o embolismo e favorecer a dissolução das bolhas dentro dos capilares nos períodos de seca. Fibras septadas e raios mais largos no lenho de raiz podem estar relacionados ao armazenamento de água e substâncias de reserva, o que garantiria o suprimento de nutrientes necessários nos períodos de seca. As características quantitativas mais informativas que diferenciam o lenho da raiz do de caule em *L. salviaefolia* foram comprimento e frequência de vasos, comprimento, diâmetro e espessura da parede das fibras e largura e altura de raios.

Referências bibliográficas

- ALVES, E.S. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 2002. Ecological trends in wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. *IAWA Journal* 23:391-418.
- BARROSO, G.M. 1991. Sistemática de angiospermas do Brasil. UFV. Viçosa, MG.
- BOTOSSO, P.C. & GOMES, A.V. 1982. Radial vessel and series of perforated rays cells in Annonaceae. *IAWA Bulletin* 3:103-182.
- BERLYN, G.P. & MIKSCH, J.P. 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. Ames: Iowa State University, 326p.
- BUKATSCH, F. 1972. Bemerkungen zur Dappelfärbung Astrablau-safranin. *Mikrokosmos* 61:255.
- CARLQUIST, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany* 64:887-96.
- CARLQUIST, S. 1988. Comparative wood anatomy: Systematic, Ecological and Evolutionary aspects of Dicotyledons Wood. Springer Verlag. Berlin / Heidelberg / New York / London / Paris / Tokyo. 436p.
- CHALK, L. & CHATTAWAY, M. M. 1933. Perforated ray cells. *Proc. Royal Soc. London*. 113:82-92.
- CHALK, L. 1989. Fibres. In: METCALFE, C. R. & CHALK, L. 1989. Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction. 2. ed. Oxford University Press, Oxford. Vol 2.
- CARVALHO, W.A., PANOSO, L.A. & MORAES, M.H. 1991. Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Experimental Edgardia - Botucatu, SP. *Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, São Paulo*.
- CECCANTINI, G.C.T. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 2000. Perforated ray cells in *Bathysa meridionalis* (Rubiaceae). *IAWA Journal* 21:77-82.
- COPANT - Comision Panamericana de Normas técnicas. 1974. Descripción de características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera Angiospermae Dicotiledóneas. *COPANT* 30:1-19.
- CORADIN, V.T.R. & MÚNIZ, G.B. 1992. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Laboratório de Produtos Florestais. Brasília, DF.

- CUTLER, D.F. 1976. Variation in root wood anatomy. Leiden Botanical Series. Wageningen 3:143-156.
- DÉTIENNE, P. & JACQUET, P. 1983. Atlas d'identification des bois de l' Anatomie et regions voisines. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical.
- DIAS-LEME, C.L. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 1998. intrusive cavities in Euphorbiaceae fiber walls. IAWA. Journal 3:79-83.
- ESEMANN-QUADROS, K. 2001. Anatomia do lenho de *Clusia criuva* Camb. (Clusiaceae): órgãos, hábitos e ambientes. Dissertação de Doutorado em Ciências na Área de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- EWERS, F.W., CARLTON, M.R., FISHER, J.B.; KOLB, K.J. & TYREE, M.P. 1997. Vessel diameters in roots versus stems of tropical lianas and other growth forms. IAWA Journal 18:261-279.
- FESTER, C.A., MARTINUZZI, E.A., RETAMARY, J.A., RICCIARDI, A.I. 1961. Aceites esenciales de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba. 113p.
- GASSON, P.E. & CUTLER, F. 1990. Root anatomy of 17 genera growing the British Isles. IAWA Bulletin 11:3-36.
- GIRAUD, B. 1983. Les cellules perforés des rayons ligneux chez les Euphorbiacées. Adansonia 2:213-221.
- GOMES, A.V., TEIXEIRA, L.L., MUÑIZ, G.B. & BOHREN, A. 1988. Transpierced tracheids, trabeculae and other unusual features in Gymnosperm wood. Conferência Global da Divisão 5 – Produtos Florestais. International Union of Forestry Research Organizations IUFRO.
- GOMES, A.V., TEIXEIRA L.L., GOMES, S.E. & HOFMEISTER, R.M. 1989. Perforation plates in vessels of *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae). IAWA Bulletin 10:27-34.
- IAWA COMMITTEE. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin 10:219-332.
- KÖEPPEN, W. 1931. Climatologia. Buenos Aires, Fundo de Cultura Econômica.
- LEBEDENKO, L.A. 1962. Comparative anatomical analysis of the mature wood of roots and stems of some wood plants. Trudy Inst. Lesa i Drevesiny Akad. Nauk SSSR (Sib. Otdel.), 51:124-134.
- LUCHI, A.E. & MAZZONI-VIVEIROS, S.C. 1988. Regiões de transpasse em elementos celulares de lenho de *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Muell. Arg. (Euphorbiaceae). Resumo do congresso da sociedade de Botânica de São Paulo, Rio Claro, São Paulo.
- MACHADO, S.R. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 1995. Occurrence of perforated ray cells in wood of *Styrax camporum* Pohl. (Styracaceae). Revista Brasileira de Botânica 18:221-225.

- MACHADO, S.R., ANGYALOSSY-ALFONSO, V. & MORRETES, B.L.1997. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (styracaceae). IAWA Journal 18:13-25.
- MARCATI, C.R. 2000. Sazonalidade cambial em espécies tropicais. Tese de doutorado. Instituto de Biociências, USP, São Paulo.
- METCALFE, C.R. & CHALK, L.1950. Anatomy of the dicotyledons. Clarendon, Oxford.
- MCLEAN, J.D. & RICHARDSON, P.E. 1973. Vascular ray cells in woody stems. Phytomorphology 23:59-64.
- MORRISON, T.M. 1953. Comparative histogy of secondary xylem in buried end exposed roots of dicotyleonous trees. Phytomorphology 3:427-430.
- OHTANI, J., JING, W., FUKAZAWA, K. & SHAO, S.Q. 1989. Multiple perforation plates in *Gmelina arborea* ROXB. IAWA Bulletin 10:35-41.
- OLIVEIRA, J.S., MACHADO, S.R. & MARCATI, C.R. (em andamento). Células perfuradas de raio em raiz e caule de espécies de cerrado do estado de São Paulo.
- PRAKASH, N. 1972. Root wood anatomy of some tropical economic plants: notes from the Jodrell laboratory. Royal Botanic Gardens 7:1-19.
- PSARAS, G.K. & SOFRONIOU, I. 1999. Wood anatomy of *Capparis spinosa* from na ecological perspective. IAWA Journal 20:419-429.
- PSARAS, G.K. & SOFRONIOU, I. 2004. Stem and root wood anatomy of the shrub *Phlomis fruticosa* (Labiatae). IAWA Journal 25:71-77.
- RATERA, E.L. & RATERA, M.O. 1980. Plantas de la flora Argentina empleadas en medicina popular. Hemisfério Sur, Buenos Aires. 189 p.
- SALIMENA, F.R.G. 2002. Novos sinônimos e tipificação em *Lippia* SCT. *Rhodolippia* (Verbenaceae). Darwiniana 40:121-125.
- SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P.1998. Cerrado ambiente e flora. EMBRAPA, Planaltina , DF. 556 p.
- SORARÚ, S.B. & BANDONI, A.1978. Plantas de la medicina popular Argentina. Albatros, Buenos Aires. 153 p.
- SERDAR, B., GERÇEK, Z. & MEREV, N. 2004. Perforated ray cells in *Salix rizeensis* (Salicaceae). IAWA Journal 25:119-120.
- WEELER, E.A. & BAAS, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. IAWA Bulletin. 12:275-332.
- WORBES, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. IAWA Journal 16:337-351.

ZHONG, Y., BASS, P., WHEELER, E. A. 1992. Wood anatomy of trees and shrubs from China IV. Ulmaceae. IAWA Bulletin 13:419-453.

ZIMMERMANN, M.H. & BROWN, C.L.1971. Trees. Structure and function. Springer, New York Heidelberg Berlin. 336p.

Agradecimentos - Ao funcionário Clemente José Campos pela ajuda em trabalhos de campo, e à Prof. Dra. Liciania Vaz de Arruda Silveira do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências (UNESP), Campus de Botucatu, pela ajuda nas análises estatísticas.

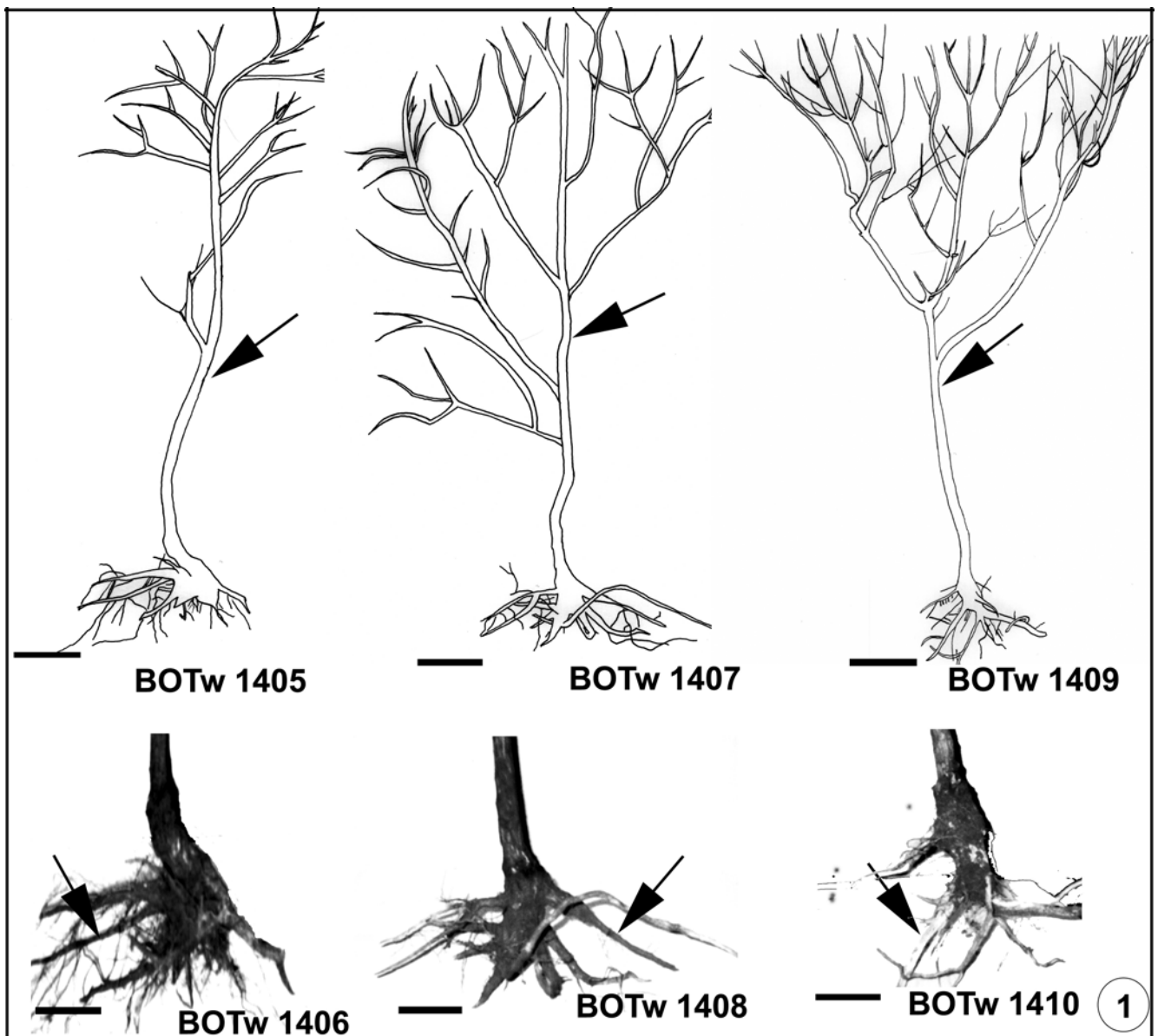
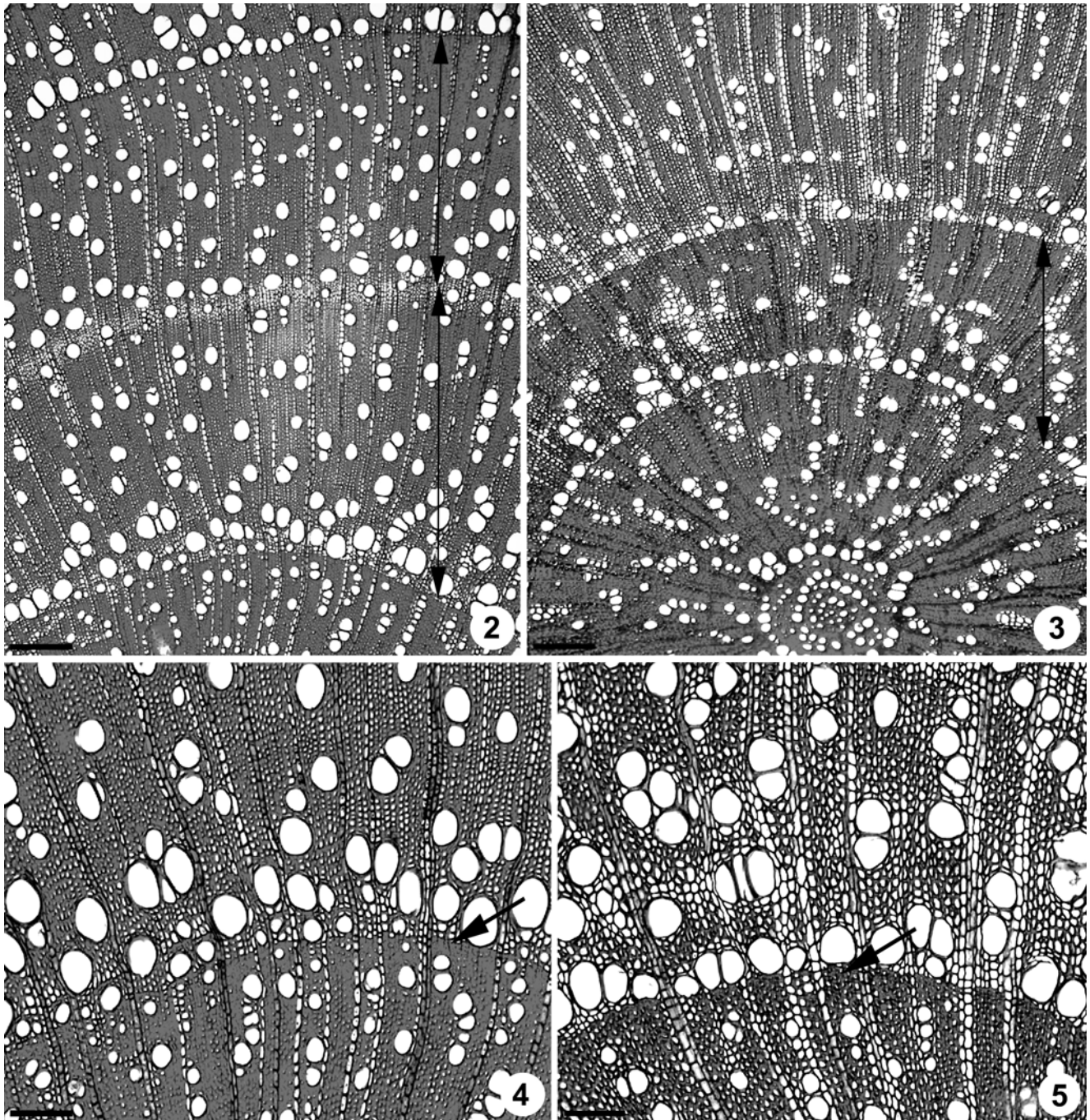
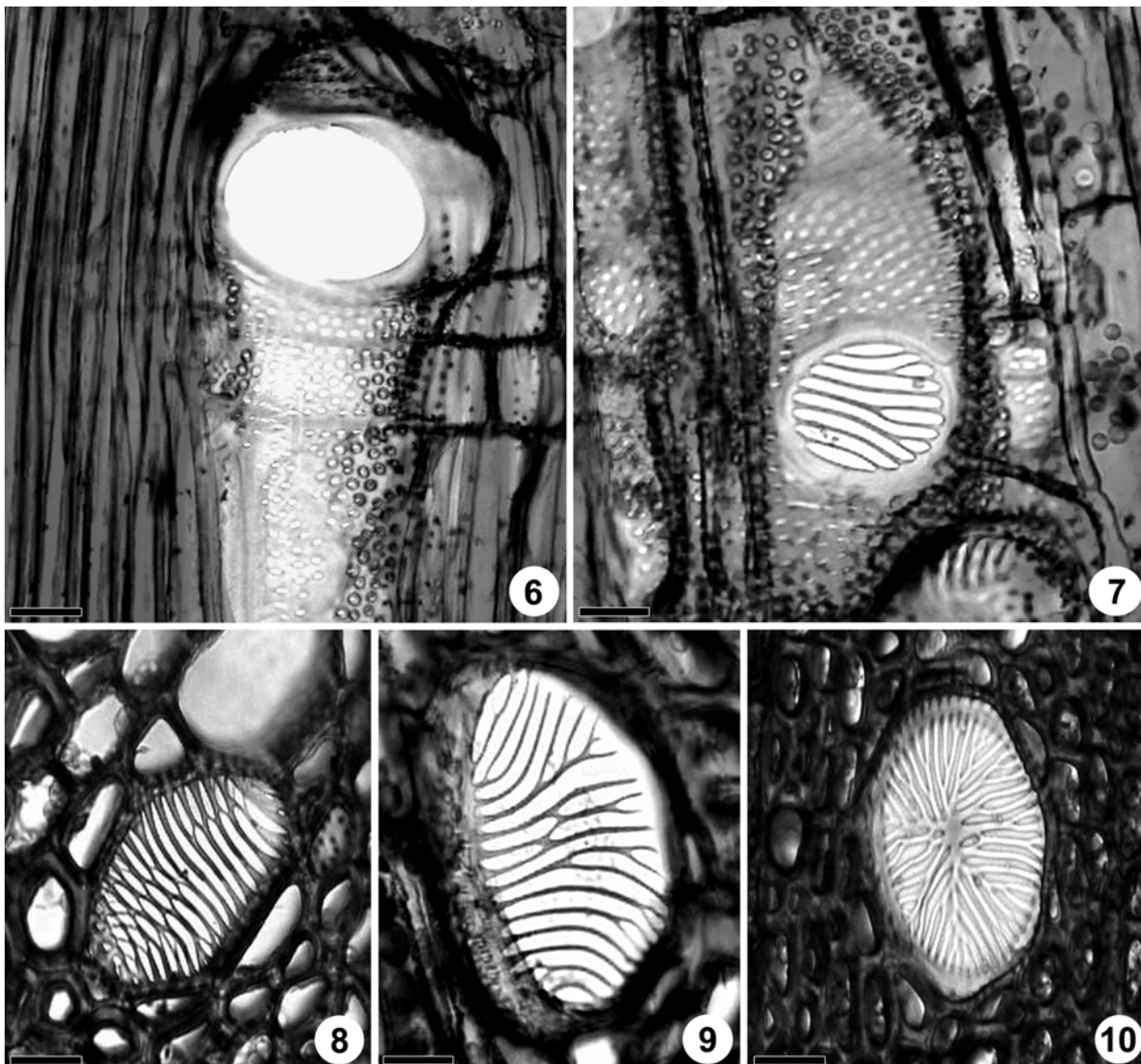


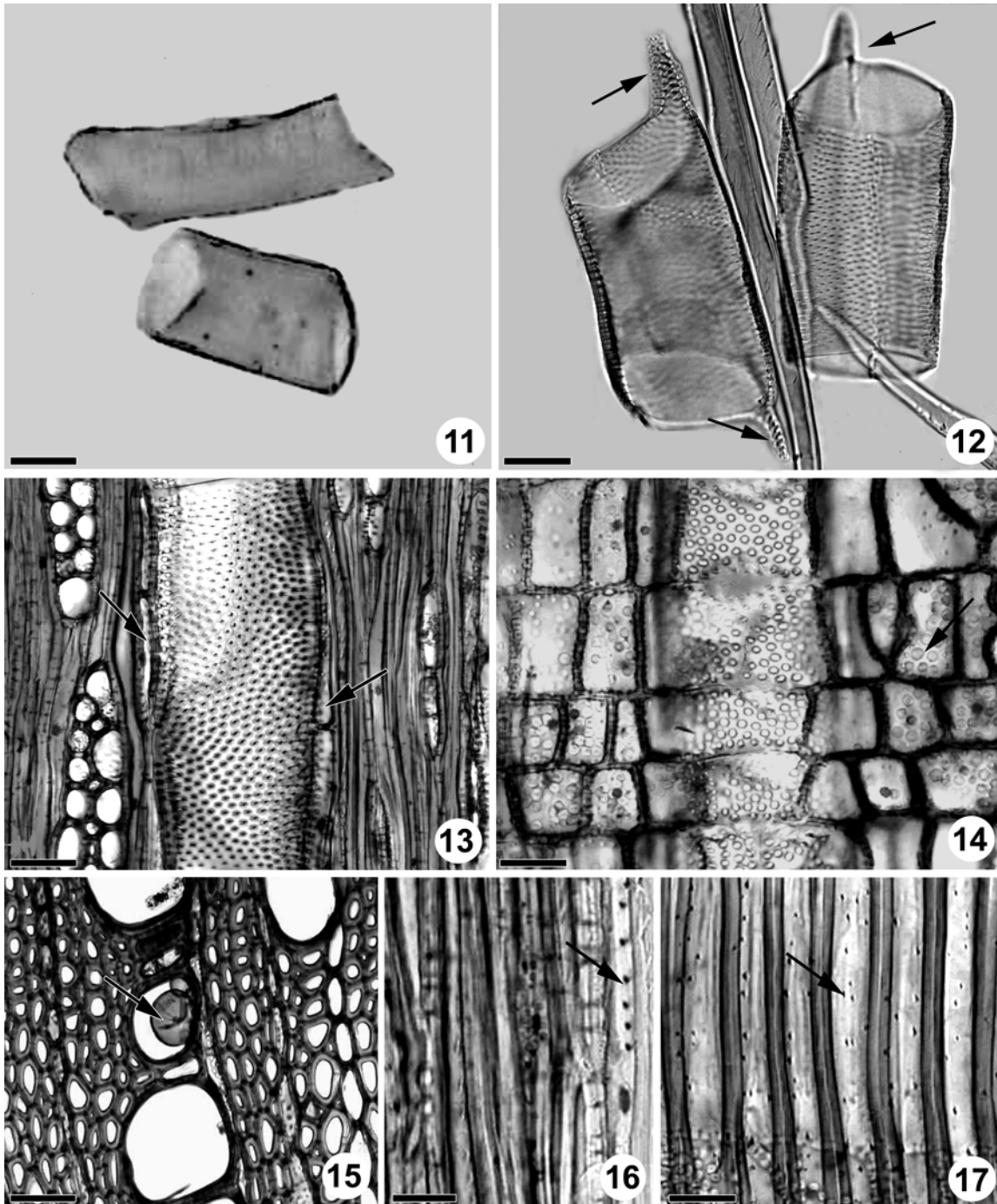
Figura 1. Diagrama de perfil mostrando as principais ramificações do caule e raiz das plantas arbóreas de *Lippia salviaefolia* estudadas, com seus respectivos números da Xiloteca. As setas indicam o local amostrado tanto no caule quanto na raiz nos três espécimes. Barras = 29 cm (BOTw 1405 e BOTw 1406); 30 cm (BOTw 1407 e BOTw 1408); 25 cm (BOTw 1409 e BOTw 1410).



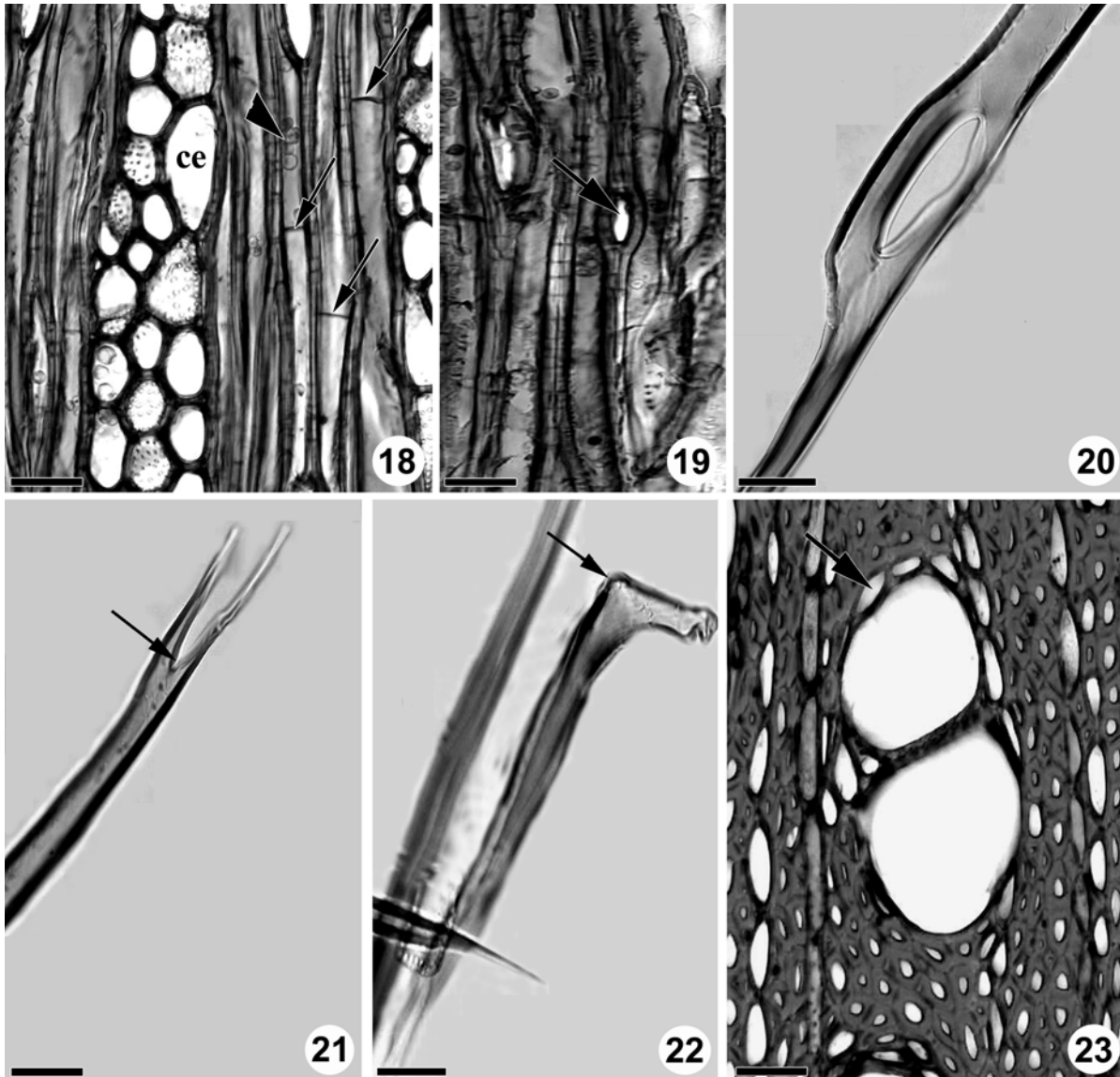
Figuras 2-5. Seções transversais do lenho de caule e raiz de *Lippia salviaefolia*. 2-3. Camadas de crescimento distintas (setas) demarcadas por faixa marginal de parênquima axial, anel semi-poroso e fibras espessadas e achatadas radialmente. 2. BOT_w 1407, caule. 3. BOT_w 1408, raiz. 4 - 5. Detalhe mostrando as fibras espessadas e achatadas radialmente no lenho tardio (setas). Notar a diferença no diâmetro dos vasos, menores no lenho tardio e maiores no lenho inicial, característica da formação de anel semi-poroso. 4. BOT_w 1407, caule. 5. BOT_w 1410, raiz. Barras = 50 µm (4-5); 100 µm (2-3).



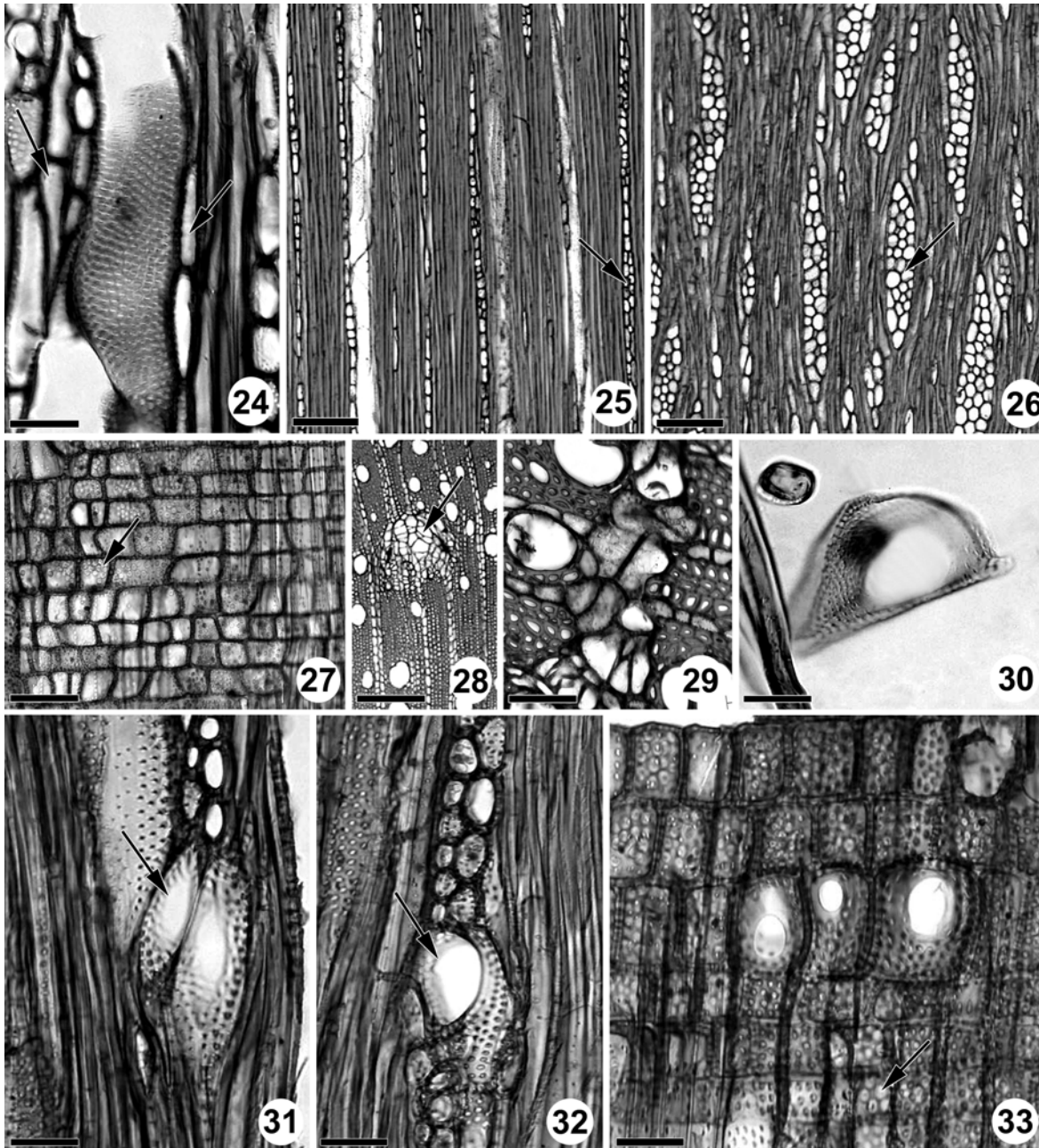
Figuras 6-10. Placas de perfuração em vasos de caule e raiz de *Lippia salviaefolia*. 6. Simples no lenho de caule (BOTw 1407). 7-9. Múltiplas intermediárias entre escalariforme e reticulada em raiz. 7. BOTw 1408. 8. BOTw 1408. 9. BOTw 1410. 10. Múltipla radiada em raiz (BOT_w 1410). Barras = 20 μ m (6-9); 80 μ m (10).



Figuras 11-17. Lenho de caule e raiz de *Lippia salviaefolia*. 11-12. Elementos de vaso em macerado. 11. Sem apêndices em caule (BOTw 1407). 12. Com apêndices (setas) em uma ou ambas as extremidades em raiz (BOTw 1410). 13. Seção longitudinal tangencial do lenho de caule (BOTw 1407) mostrando as pontoações intervasculares areoladas alternas em vaso. Notar o parênquima axial adjacente ao vaso contendo duas células por série (setas). 14. Seção longitudinal radial do lenho de caule (BOTw 1407) mostrando as pontoações radiovasculares semelhantes às intervasculares. Grãos de amido nas células do raio (seta). 15. Tilos (seta) em vasos de caule (BOTw 1405). 16-17. Pontoações diminutas nas paredes das fibras (setas). 16. Paredes tangenciais das fibras em caule (BOTw 1407). 17. Paredes radiais das fibras em caule (BOTw 1407). Barras = 80 μ m (11, 16 - 17); 50 μ m (12-13, 15). 20 μ m (14).



Figuras 18-23. Lenho de *Lippia salviaefolia*. 18. Seção longitudinal tangencial de raiz (BOTw 1408) mostrando fibras septadas (setas nos septos) com grãos de amido (cabeça de seta) em seu interior. Célula envolvente de raio (ce). 19-20. Fibras com cavidades. 19. Seção longitudinal tangencial de raiz (BOTw 1405). Seta indica cavidade na fibra. 20. Macerado de raiz (BOTw 1406). 21-22. Fibra com extremidades de formatos variados. 21. Bifurcada em caule (BOTw 1405) (seta). 22. Com extremidade dobrada formando um ângulo aproximado de 90^o com o eixo da célula (seta) em caule (BOTw 1407). 23. Parênquima paratraqueal vasicêntrico escasso (seta) em caule (BOTw 1407). Barras = 20 μm (23); 50 μm (20); 80 μm (18-19, 21-22).



Figuras 24-33. Lenho de *Lippia salviaefolia*. 24 - 26. Seções longitudinais tangenciais. 24. Séries de parênquima axial com duas células (setas) em raiz (BOTw 1408). 25. Raios uni e multisseriados com até duas células de largura (seta) em caule (BOTw 1405). 26. Raios uni e multisseriados com até quatro células de largura (seta) em raiz (BOTw 1408). 27. Seção longitudinal radial mostrando células quadradas e procumbentes misturadas através do raio em raiz (BOTw 1408). 27. Seção longitudinal radial mostrando células quadradas e procumbentes misturadas através do raio em raiz (BOTw 1408). Grãos de amido nas células do raio (seta). 28-29. Máculas em caule (seta) (BOTw 1405). 30-33. Células perfuradas de raio em caule e raiz. 30. Macerado de raiz (BOTw 1406). 31-32. Seções longitudinais tangenciais. 31. Caule (BOTw 1405). 32. Raiz (BOTw 1406). 33. Em grupos de três em caule (BOTw 1407). Barras = 50 μ m (24, 27, 31-33); 100 μ m (25-26).

Tabela 1. Informações gerais sobre os espécimes coletados de *Lippia salviaefolia*. C = caule. R = raiz.

Coletor	Órgão	Nº. Herbário	Nº. Xiloteca	Altura	DAP*	Circunferência das raízes
		(BOTU)	(BOT _w)	(m)	(cm)	(cm)
S. L. Goulart 1	C	24.301	1405	2,50	5	-
S. L. Goulart 2	R		1406	-	-	2
S.L. Goulart 3	C	24.302	1407	2,85	6	-
S. L. Goulart 4	R		1408	-	-	5
S.L. Goulart 5	C	24.303	1409	2,10	7	-
S. L. Goulart 6	R		1410	-	-	5

(*) DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m)

Tabela 2. Características físico-químicas do solo da área de coleta. AG = areia grossa, AF = areia fina, Areia/T = areia total, Arg. Nat. = argila natural, g/kg = grama por quilograma, pH potencial de hidrogênio, M.O. = matéria orgânica, P resina = fósforo, Al³ = alumínio trocável, H+Al = acidez potencial, Ca = cálcio, Mg = magnésio, SB = soma de base, CTC = capacidade de troca catiônica e V% = saturação/base, S = enxofre, CaCl₂ = cloreto de cálcio, g/dm³ = grama/decímetro cúbico, mg/dm³ = miligrama por decímetro cúbico, mmol_c/dm³ = milimol de carga/decímetro cúbico.

	AG	AF	Areia/T	Argila	Silte	Arg. Nat.	Textura					
Análise física g/Kg											
	---	---	861	99	40	---	arenosa					
	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco							
Micronutrientes mg/dm ³											
	0,21	0,7	115	1,2	0,2							
	pH	M.O.	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
Fertilidade	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³ mmol _c /dm ³ mg/dm ³						
	4,0	6	2	-	36	0,3	1	0	2	38	5	-

Tabela 3. Características anatômicas quantitativas (média \pm desvio padrão) do lenho de caule e raiz de *L. salvialifolia*. Org. = órgão; C = caule, R = raiz; Vasos: Comp. = comprimento dos elementos de vaso, Diâm. = diâmetro dos vasos, Freq. = frequência de vasos (n° de vasos/ mm^2), v = índice de vulnerabilidade, m = índice de mesomorfia; Fibras: Diâm. = diâmetro das fibras, Comp. = comprimento das fibras, Esp. parede = espessura da parede das fibras; Raios: Larg. = Largura dos raios em número de células, Alt. = Altura dos raios, Freq. = frequência de raios (n° de raios/ mm); e Pontoações: Interv. = Diâmetro das Pontoações intervasculares, Radiov. = diâmetro das pontoações radiovasculares.

N. amostra	Org.	Vasos				Fibras			Raios			Pontoações (diâm.)	
		Comp. (μm)	Diâm. (μm)	Freq. (n°/mm^2)	v m	Diâm. (μm)	Comp. (μm)	Esp. parede (μm)	Larg. ($n^\circ cel.$)	Alt. (μm)	Freq. (n°/mm)	Interv. (μm)	Radiov. (μm)
BOT _w 1405	C	285 \pm 74	39 \pm 11	53 \pm 18	0,7 215	14 \pm 2,4	559 \pm 112	5 \pm 1	1 \pm 0,5	358 \pm 166	6 \pm 2	3 \pm 0,5	2,7 \pm 0,5
BOT _w 1406	R	236 \pm 29	27 \pm 6	41 \pm 14	0,6 158	17 \pm 2,5	541 \pm 66	5 \pm 1	2 \pm 1	350 \pm 116	7 \pm 1	2,7 \pm 0,5	2,5 \pm 0,5
BOT _w 1407	C	233 \pm 53	38 \pm 12	48 \pm 14	0,7 184	16 \pm 2,28	567 \pm 106	5,3 \pm 1	2 \pm 0,5	339 \pm 153	8 \pm 1	3 \pm 0,5	2,7 \pm 1
BOT _w 1408	R	157 \pm 38	40 \pm 13	36 \pm 14	1 176	21 \pm 3,8	420 \pm 55	4,6 \pm 1	3 \pm 1	339 \pm 116	7 \pm 1	2,2 \pm 0,5	2,4 \pm 0,5
BOT _w 1409	C	265 \pm 74	40 \pm 15	45 \pm 16	0,9 236	17 \pm 2,5	579 \pm 98	5,3 \pm 1	1 \pm 0,5	442 \pm 209	6 \pm 1	3 \pm 0,5	2,7 \pm 0,5
BOT _w 1410	R	168 \pm 43	53 \pm 15	46 \pm 14	1 257	23 \pm 4,6	423 \pm 68	5,6 \pm 1	2 \pm 1	283 \pm 68	7 \pm 1	2,4 \pm 0,5	2,5 \pm 0,5

Tabela 4. Características anatômicas quantitativas dos caules dos três espécimes de *L. salviaefolia*.

Características		Nº das amostras	Média (µm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	BOTw1405	285	A	4,4	(0,0150)
		BOTw1409	265	AB		
		BOTw1407	233	B		
	Diâmetro	BOTw1409	40	A	0,2	(0,8515)
		BOTw1405	39	A		
		BOTw1407	38	A		
	Frequência	BOTw1405	53	A	2,4	(0,0947)
		BOTw1407	48	A		
		BOTw1409	45	A		
Fibras	Comprimento	BOTw1409	579	A	0,3	(0,7523)
		BOTw1407	567	A		
		BOTw1405	559	A		
	Diâmetro	BOTw1409	17	A	7,5	(0,0001)
		BOTw1407	16	A		
		BOTw1405	14	B		
	Esp. da parede	BOTw1407	5	A	0,1	(0,8950)
		BOTw1409	5	A		
		BOTw1405	5	A		
Raios	Largura	BOTw1409	2	A	2	(0,1396)
		BOTw1407	2	A		
		BOTw1405	1	A		
	Altura	BOTw1409	442	A	3	(0,0629)
		BOTw1405	358	A		
		BOTw1407	339	A		
	Frequência	BOTw1407	8	A	25	(<,0001)
		BOTw1405	6	B		
		BOTw1409	6	B		
Pont. Intervascular	Diâmetro	BOTw1407	3	A	1,4	(0,2517)
		BOTw1409	3	A		
		BOTw1405	3	A		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	BOTw1407	2,7	A	2	(0,1247)
		BOTw1409	2,7	A		
		BOTw1405	2,7	A		

Tabela 5. Características anatômicas quantitativas das raízes dos três espécimes de *L. salviaefolia*

Características		Nº das amostras	Média (µm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	BOTw1406	236	A	39,7	(<,0001)
		BOTw1410	168	B		
		BOTw1408	157	B		
	Diâmetro	BOTw1410	53	A	35,6	(<,0001)
		BOTw1408	40	B		
		BOTw1406	27	C		
	Frequência	BOTw1410	46	A	3,8	(0,0253)
		BOTw1406	41	BA		
		BOTw1408	36	B		
Fibras	Comprimento	BOTw1406	541	A	35,7	(<,0001)
		BOTw1410	423	B		
		BOTw1408	420	B		
	Diâmetro	BOTw1410	23	A	15,9	(<,0001)
		BOTw1408	21	B		
		BOTw1406	17	B		
	Esp.daparede	BOTw1406	5	A	0,4	(0,6981)
		BOTw1408	5	A		
		BOTw1410	5	A		
Raios	Largura	BOTw1408	3	A	4,6	(0,0122)
		BOTw1410	2	B		
		BOTw1406	2	B		
	Altura	BOTw1406	350	A	3,6	(0,0314)
		BOTw1408	339	BA		
		BOTw1410	283	B		
	Frequência	BOTw1408	7	A	1,7	(0,1962)
		BOTw1410	7	A		
		BOTw1406	7	A		
Pont. Intervascular	Diâmetro	BOTw1406	2,7	A	12,4	(<,0001)
		BOTw1410	2,5	B		
		BOTw1408	2,4	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	BOTw1406	2,7	A	4,1	(0,0208)
		BOTw1410	2,5	BA		
		BOTw1408	2,4	B		

Tabela 7. Análise quantitativa do caule e raiz do espécime 24.302 de *L. salviaefolia*.

Características			Média (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	Caule	233	A	40,7	(<,0001)
		Raiz	157	B		
	Diâmetro	Caule	38	A	0,3	(0,5719)
		Raiz	40	A		
	Frequência	Caule	48	A	10,8	(0,0017)
		Raiz	36	B		
Fibras	Comprimento	Caule	567	A	45,4	(<,0001)
		Raiz	420	B		
	Diâmetro	Caule	16	A	37,3	(<,0001)
		Raiz	21	B		
	Esp.da parede	Caule	5,3	A	5,3	(0,0253)
		Raiz	4,6	B		
Raios	Largura	Caule	2	A	37,2	(<,0001)
		Raiz	3	B		
	Altura	Caule	339	A	0	(0,9854)
		Raiz	339	A		
	Frequência	Caule	8	A	7,8	(0,0071)
		Raiz	7	B		
Pont. Intervascular	Diâmetro	Caule	3	A	51,8	(<,0001)
		Raiz	2,2	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	Caule	2,7	A	4	(0,0517)
		Raiz	2,4	A		

Tabela 8. Análise quantitativa do caule e raiz do espécime 24.303 de *L. salviaefolia*.

Características			Média (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	Caule	265	A	38,6	(<,0001)
		Raiz	168	B		
	Diâmetro	Caule	40	B	11,3	(0,0014)
		Raiz	53	A		
	Frequência	Caule	45	A	0,2	(0,6958)
		Raiz	46	A		
Fibras	Comprimento	Caule	579	A	51,3	(<,0001)
		Raiz	223	B		
	Diâmetro	Caule	17	A	40	(<,0001)
		Raiz	23	B		
	Esp.da parede	Caule	5,3	A	6,8	(0,0117)
		Raiz	4,6	B		
Raios	Largura	Caule	1	A	12,7	(0,0007)
		Raiz	2	B		
	Altura	Caule	442	A	15,7	(0,0002)
		Raiz	283	B		
	Frequência	Caule	6	B	9,2	(0,0036)
		Raiz	7	A		
Pont. Intervascular	Diâmetro	Caule	3	A	53,8	(<,0001)
		Raiz	2,4	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	Caule	2,7	A	3,8	(0,0542)
		Raiz	2,5	A		

Tabela 9. Análise quantitativa do caule e raiz de todos os espécimes de *L. salviaefolia*.

Características			Média (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de P
Vasos	Comprimento	Caule	261	A	65,7	(<,0001)
		Raiz	187	B		
	Diâmetro	Caule	39	A	0,2	(0,6251)
		Raiz	40	A		
	Frequência	Caule	49	A	12,1	(0,0006)
		Raiz	41	B		
Fibras	Comprimento	Caule	568	A	57	(<,0001)
		Raiz	461	B		
	Diâmetro	Caule	16	A	78	(<,0001)
		Raiz	20	B		
	Esp.da parede	Caule	5,3	A	11,2	(0,0010)
		Raiz	4,7	B		
Raios	Largura	Caule	1	B	64,1	(<,0001)
		Raiz	2	A		
	Altura	Caule	380	A	6,4	(0,0122)
		Raiz	324	B		
	Frequência	Caule	6	A	1,4	(0,2347)
		Raiz	7	A		
Pont. Intervascular	Diâmetro	Caule	3	A	89	(<,0001)
		Raiz	2,5	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	Caule	2,7	A	1,4	(0,2548)
		Raiz	2,5	A		

Capítulo 2

Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae)²

Selma Lopes Goulart^{2,4} e Carmen Regina Marcati³

²1. Parte da Dissertação de Mestrado de S.L. Goulart, desenvolvida no Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

2. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Caixa Postal 510, 13618-000 Botucatu, SP, Brasil.

3. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento de Recursos Naturais - Ciências Florestais, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu, SP, Brasil.

4. Autor para correspondência: lopesgoulart@yahoo.com.br

Título resumido: Lenho de raiz e caule de *Aegiphila sellowiana*

RESUMO – (Anatomia comparada do lenho de raiz e caule de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae)). O presente trabalho vem contribuir com informações sobre a anatomia comparada de raiz e caule de *A. sellowiana* Cham (Verbenaceae). O estudo foi conduzido em área de cerrado no município de Pratânia, estado de São Paulo (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Amostras do caule de três espécimes de *A. sellowiana* foram coletadas à altura do peito (AP), isto é a 1,30 m do solo, e as amostras de raízes foram coletadas de 30 a 40 cm da base do tronco. Os resultados mostraram que houve diferença qualitativa e quantitativa entre o lenho de raiz e caule nas plantas de *A. sellowiana*. Camadas de crescimento distintas, demarcadas por anel semi-poroso, achatamento radial das fibras e faixa marginal de parênquima axial foram observadas no lenho de caule e raiz, entretanto foram mais evidentes no lenho de raízes. Placas de perfuração simples foram observadas nos elementos de vaso tanto no lenho de caule quanto no de raiz. Foram observadas fibras bifurcadas, com cavidades e interrupções da parede, e fibras septadas no lenho dos dois órgãos. Raios uni e multisseriados foram observados em caule e raiz, com uma a três células de largura em caules e com uma a quatro células de largura em raiz. As características quantitativas diferenciais entre o lenho dos dois órgãos de *A. sellowiana* foram: comprimento, diâmetro e frequência de vaso; diâmetro e espessura da parede da fibra; largura, altura e frequência de raio; e diâmetro da pontuação intervascular.

Palavras-chave: anatomia da madeira, caule, raiz, *Aegiphila sellowiana*

ABSTRACT – (Comparative wood anatomy of root and stem of *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae)). This study brings information about wood anatomy from stem and root of *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae). The study was conducted in a cerrado area in Pratânia municipality, São Paulo state (23° 02' 55, 5" S e 48° 31' 26,1" W). Three plants were collected for the study. Stem samples were collected at a breast height (1.30 m from the soil), and root samples were collected 30 to 40 cm from the stem base. There were qualitative and quantitative variation between root and stem wood. Growth rings demarcated by semi-ring wood porous, radially flattened wood fibres and marginal parenchyma were observed in wood from stem and root, however these growth rings were better defined in the root wood. Simple perforation plates were observed in vessel elements in root and stem wood. Forked fibres, fibres with cavities and interruptions in their wall, and septate fibres were observed in the wood of both organs. Uni- and multiseriate rays were observed in the wood of both organs, one to three cells wide in stem and one to four cells wide in root. The quantitative characteristics that differentiate root wood from stem

wood were: vessel elements length, diameter and frequency; fibre diameter and thickness; ray width, height and frequency; and intervacular pit diameter.

Key words: wood anatomy, stem, root, *Aegiphila sellowiana*

Introdução

O gênero *Aegiphila* compreende cerca de 160 espécies arbóreas, arbustivas e algumas lianas com distribuição pantropical (Gentry 1993). *Aegiphila sellowiana* é uma espécie arbórea típica do cerrado (Sano & Almeida 1998), entretanto existem também registros de ocorrência dessa espécie em outros tipos de vegetações, como de florestas semidecíduas (Lorenzi 2002). A planta alcança de 4 a 7 metros de altura, com tronco e ramificações do caule variando de 20 a 30 cm de diâmetro, folhas simples e opostas, floresce durante os meses de dezembro a janeiro e a maturação dos frutos ocorre de fevereiro a abril (Lorenzi 2002).

Salvo as descrições anatômicas realizadas por Metcalfe & Chalk (1950) para o gênero, e por Détienne & Jacquet (1983) para a espécie *Aegiphilla intermedia*, não há informações a respeito da anatomia do lenho de caule e raiz de *Aegiphila sellowiana*.

Os estudos de anatomia do lenho de espécies têm sido realizados preferencialmente em caules, sendo poucos os resultados anatômicos sobre o lenho de raízes (Gasson & Cutler 1990). Segundo Cutler (1976), a dificuldade de coleta das raízes pode ser a causa dos poucos estudos anatômicos neste órgão. Os trabalhos que comparam a anatomia do lenho de raiz com a de caule são ainda mais escassos (Ewers *et al.* 1997; Machado *et al.* 1997; Ranjani & Krishnamurthy 1987 e Psaras & Sofroniou 2004) e importantes, uma vez que essas análises comparadas, segundo Machado *et al.* (1997), permitem um melhor entendimento de adaptações ecológicas das espécies.

O presente trabalho vem contribuir com informações sobre a anatomia estrutural da madeira de raiz e caule de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae) e correlaciona as características anatômicas estruturais da raiz e do caule com as prováveis adaptações ecológicas da espécie no ambiente de cerrado.

Material e métodos

Área de estudo - O estudo foi conduzido em área de cerrado localizada em uma propriedade particular, Fazenda Palmeira da Serra, no município de Pratânia, estado de São Paulo (23° 02' 55,5" S e 48° 31' 26,1" W). Segundo Carvalho *et al.* (1991), o tipo climático do município é definido como Cwb (mesotérmico de inverno seco), dado obtido pela classificação de Köppen (1931), em que o mês mais quente não apresenta temperatura média maior que 22°C, sendo o mês de julho o mais frio e seco. A precipitação média anual é de aproximadamente 1534 mm e a temperatura

média de 20,3 °C. A estação seca estende-se de maio a setembro sendo a média de precipitação de 38 a 89 mm respectivamente. O mês de janeiro predomina como o mais quente (22,7 °C) e úmido (242 mm) e o mês de julho o mais frio (16,6 °C) e seco (38 mm). Para a caracterização do solo da área de estudo, foram coletadas amostras conforme as recomendações do Laboratório de Física e Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu. Coletaram-se amostras de 20 locais diferentes, e cada amostra foi retirada a 20 cm de profundidade. Estas amostras foram destorroadas e homogeneizadas, sendo retiradas 300 gramas para análise nesse mesmo Laboratório. -

Coleta - Três espécimes de *Aegiphila sellowiana* foram selecionados com aproximadamente a mesma altura, em fase adulta, e não muito distantes uns dos outros, evitando assim alterações estruturais em função de fatores edáficos ou climáticos. Do material botânico coletado, foram preparadas exsiccatas que foram depositadas no Herbário “Irina Delanova de Gemtchujnicov” (BOTU) do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Dos três espécimes selecionados, amostras do caule foram coletadas à altura do peito (AP), isto é, a 1,30 m do solo. As amostras de raiz foram coletadas de 30 a 40 cm da base do tronco. Os materiais lenhosos (raiz e caule) foram depositados na Xiloteca “Maria Aparecida Mourão Brasil” (BOTw) do Departamento de Recursos Naturais-Ciências Florestais, da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP. As informações sobre os espécimes estudados encontram-se na Tab. 1.

Preparo do material e obtenção dos cortes - As amostras coletadas foram fixadas em FAA 70 (ácido acético, formaldeído e etanol 70%) (Berlyn & Miksche 1976) e armazenadas no mesmo fixador até o início das preparações histológicas. Para a retirada adequada dos corpos-de-prova, uma análise prévia criteriosa das amostras coletadas foi realizada, visando evitar possíveis irregularidades do lenho, bem como para assegurar a orientação adequada dos três planos de corte (transversal e longitudinal - tangencial e radial). A apreciação da orientação dos elementos celulares de cada amostra foi realizada com o auxílio de uma lupa de bolso do tipo conta-fios (10x de aumento). Após a identificação com lápis cópia em cada amostra, os corpos de prova foram retirados com auxílio de serra manual. Os corpos de prova continham aproximadamente 1,5 cm x 2,0 cm x 2,0 cm, conforme recomendações da COPANT (1974). Como os corpos-de-prova foram obtidos de material recém coletado, ainda verde, e o lenho da espécie naturalmente apresenta-se macio, foi possível a confecção dos cortes histológicos sem o prévio amolecimento dos tecidos que normalmente é feito por cozimento em água e glicerina. Cortes histológicos transversais e longitudinais (tangenciais e radiais) com cerca de 15 a 20 µm de espessura foram obtidos em micrótomo de deslize (marca Reichert) com navalha tipo C, adequada para a confecção de cortes finos de madeira.

Montagem de lâminas permanentes - Os cortes obtidos em micrótomo foram separados em dois grupos, sendo que os cortes de um dos grupos passaram pelo processo de coloração. Estes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 50%, em temperatura ambiente, por aproximadamente dois minutos, lavados em água destilada e água acética e corados com azul de astra aquoso a 1% (Roeser 1972) e safranina aquosa a 1% (Bukatsch 1972). Após a coloração, os cortes foram desidratados em série etanólica crescente (30%, 50%, 70%, 90%, 95% e 100%), passando ao final por acetato de butila para a fixação da coloração. O grupo contendo os outros cortes passou pela mesma série etanólica crescente e ao final pelo acetato de butila. Os cortes coloridos e os naturais foram montados com resina sintética.

Dissociação das células do lenho - A dissociação dos elementos celulares foi realizada segundo o método de Franklin (1945), modificado por Berlyn & Miksche (1976). Palitos foram retirados longitudinalmente de cada amostra e colocados em frascos de vidro com solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio 30% (1:1). Os frascos tampados foram levados à estufa a uma temperatura de 60°C por cerca de 24 horas, até que as amostras estivessem esbranquiçadas. O material dissociado foi lavado em água corrente até a retirada total da solução e corado com safranina a 1%, em álcool 50% (Berlyn & Miksche 1976). As lâminas semi-permanentes contendo o material dissociado foram montadas em solução aquosa de glicerina (1:1).

Análises anatômicas qualitativas - Foram realizadas com a observação dos três planos de corte da madeira (transversal, tangencial e radial) e do macerado. Utilizou-se microscópio de luz para observar camadas de crescimento, vasos, fibras, parênquima axial e radial, bem como inclusões orgânicas e inorgânicas. A presença ou ausência das características anatômicas, bem como as variações das formas, tipos e dimensões das células foram observadas segundo as orientações propostas pelo IAWA Committee (1989) e pelas normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira de Coradin e Muñiz (1992).

Análises anatômicas quantitativas - Foram realizadas a partir de mensurações das células nos três planos de corte da madeira e em macerado, seguindo-se as recomendações do IAWA Committee (1989) e as normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira de Coradin & Muñiz (1992). Os dados quantitativos foram obtidos em microscópio de luz acoplado a câmera digital AxioCam e software para análise de imagens Axiovision, e transferidos para planilhas do programa Excel, para posterior análise estatística.

Análises estatísticas - Para a realização das análises estatísticas utilizou-se o programa SAS (Statistical Analysis System) e foram feitas análises de variância simples ($p > 0,05$) e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para estas análises, contamos com o apoio do Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Foram calculados

também os índices de vulnerabilidade ($v = \text{diâmetro dos elementos de vaso/freqüência de vasos}$) e de mesomorfia ($m = v \times \text{comprimento dos elementos de vaso}$) (Carlquist 1977).

Resultados

Análise de solo – Os dados dessa análise estão contidos na Tab. 2. O solo da área apresenta textura arenosa, com pH ácido, baixa porcentagem de matéria orgânica, teor de alumínio muito alto e baixo teor de cálcio e potássio. Os teores de boro e cobre encontram-se médios, sendo alto para o ferro e baixo para manganês e zinco.

Características anatômicas qualitativas do lenho de caule e raiz - Camadas de crescimento: distintas (Fig.1, 2) demarcadas por anel semi-poroso (Fig. 1, 2), faixa marginal de parênquima axial que é mais evidente (melhor demarcada) em raízes (Fig. 2, 4) quando comparada com os caules (Fig. 1, 3), e achatamento radial das fibras no final do lenho tardio (Fig. 3, 4). Poros/Vasos: lenho com anel semi-poroso presente em caule (Fig. 1) e raiz (Fig. 2), vasos predominantemente solitários no caule (78 %) (Fig. 1), e na raiz (70%) (Fig. 2), múltiplos de dois para o caule (17,5%) e para a raiz (20,5 %), múltiplos de três para o caule (4%) e para a raiz (7 %), múltiplos de quatro e cinco (1, 5 %) para o caule para a raiz. Alguns vasos maiores estão agrupados tangencialmente de dois a quatro (Fig. 2). Placas de perfuração simples em elementos de vasos de caule e raiz (Fig. 5 - 7). Algumas placas de perfuração apresentam a borda pontuada (Fig. 5). Apêndices podem ou não estar presentes (Fig. 6, 7), porém quando presentes ocorrem em uma ou em ambas as extremidades dos elementos de vaso (Fig. 7) tanto em caule quanto em raiz. Pontoações intervasculares areoladas alternas (Fig. 8), pontoações radiovasculares com abertura maior do que a das intervasculares (Fig. 9) para ambos os órgãos estudados. Tilos presentes em vasos de caules (Fig. 10). Fibras: com pontoações diminutas (Fig. 11), no lenho de caule e raiz em ambas as paredes; septadas (Fig. 11) distribuídas esporadicamente por todo o lenho de caule e raiz. Paredes finas a espessas (Fig.1-4) para caule e raiz. Presença de fibras com cavidades (Fig. 12) em ambos os órgãos estudados, fibras bifurcadas (Fig. 13) tanto em caule quanto em raiz, e fibras com interrupção de parede (Fig. 14) em raiz e caule. Parênquima axial: em faixas, melhor evidenciado em raízes (Fig. 2, 4) e paratraqueal vasicêntrico a aliforme (Fig. 1, 2). A série parenquimática possui de três a oito células (Fig. 15), sendo a maioria de três a quatro em raiz e caule. Presença de parênquima bifurcado (Fig. 16) em raiz e caule. Raios: uni e multisseriados com uma a três células de largura em caule (Fig. 17), e uma a quatro células de largura em raiz (Fig. 18); com dois tipos de composição celular, sendo os unisseriados com células eretas e quadradas misturadas através do raio (Fig. 19) e os mutisseriados com o corpo de células procumbentes e a margem com duas a quatro células eretas ou quadradas (Fig. 20). Presença de células envoltivas de raio (Fig.18). Conteúdos inorgânicos: cristais de

formatos irregulares em células do parênquima axial (Fig. 21) e do radial (Fig. 22). Conteúdos orgânicos: amido nas células do parênquima axial e radial (Fig. 21, 22).

Características quantitativas do lenho de caule e raiz Tab. 3. Entre caules dos três espécimes: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para diâmetro de vaso, frequência de vaso, comprimento da fibra, diâmetro da fibra, largura do raio, frequência do raio, diâmetro da pontuação intervascular e da pontuação radiovascular, como mostra a Tab. 4. Entre as raízes dos três espécimes: houve diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento de elementos de vaso, frequência de vasos, espessura da parede da fibra, largura do raio, altura do raio, diâmetro da pontuação intervascular, tal como demonstra a Tab. 5. Entre caule e raiz do espécime 24.304: observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento dos elementos de vaso, diâmetro dos vasos, comprimento das fibras, largura dos raios, frequência dos raios, diâmetro das pontuações intervasculares, tal como demonstra a Tab. 6. Entre caule e raiz do espécime 24.305: observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento dos elementos de vasos, frequência de vasos, espessura da parede das fibras, largura dos raios, altura dos raios, frequência de raios, diâmetro das pontuações intervasculares, tal como demonstra a Tab. 7. Entre caule e raiz do espécime 24.306: observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) para diâmetro dos vasos, frequência dos vasos, diâmetro das fibras, espessura das paredes das fibras, largura dos raios, altura dos raios, frequência dos raios, diâmetro das pontuações intervasculares e diâmetro das pontuações radiovasculares, conforme Tab. 8. Entre caule e raiz, com os dados de todos os espécimes: observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) para comprimento dos elementos de vaso, diâmetro de vaso, frequência de vaso, diâmetro da fibra, espessura da parede da fibra, largura do raio, altura do raio, frequência dos raios, diâmetro da pontuação intervascular, tal como demonstra a Tab. 9.

Discussão

A estrutura anatômica qualitativa do lenho de *Aegiphila sellowiana* concorda em termos gerais, com a prévia descrição realizada para o gênero por Metcalfe & Chalk (1950) e com a descrição de *Aegiphila intermedia* realizada por Détienne & Jacquet (1983).

Camadas de crescimento distintas foram observadas no lenho de caule e raiz de *A. sellowiana*, porém nas raízes estas camadas estão melhor demarcadas do que no lenho dos caules. A presença de camadas de crescimento distintas para esta espécie, pode estar relacionada a fatores ambientais. Worbes (1995), em seus estudos, verificou que para espécies de regiões tropicais, uma estação seca com duração de dois a três meses no ano com precipitação menor que 60 mm é condição ambiental suficiente para a formação de camadas de crescimento no lenho. A região de estudo apresenta uma estação seca anual com duração de cinco meses e, neste mesmo período, a precipitação está em torno de 38 a 89 mm o que pode estar provocando a formação da camada de

crescimento no lenho da espécie. As raízes de *A. sellowiana* apresentam camadas de crescimento melhor demarcadas do que as dos caules, o que não está de acordo com o que foi relatado por Lebedenko (1962) e Zimmermann & Brown (1971) que mencionam uma menor evidência das camadas de crescimento em lenho de raiz, quando comparado com lenho de caule. Estudos em espécies brasileiras, como os de Dias-Leme (1994) com espécies da família Euphorbiaceae, Machado *et al* (1997) com *Styrax camporum* (Styracaceae) e Esemann-Quadros (2001) com *Clusia criuva* (Clusiaceae), demonstram camadas de crescimento distintas no lenho de raízes, o que concorda com o que foi observado em *A. sellowiana* e se opõe ao que foi relatado por Lebedenko (1962) e Zimmermann & Brown (1971).

Anéis semi-porosos foram encontrados no lenho de caule e raiz em *A. sellowiana*. Esta característica proporciona à espécie vantagem sobre as de porosidade difusa, pois segundo Carlquist (1988) e Wheeler & Baas (1991) reúnem segurança e eficiência na condução de água. Segundo os autores, os vasos de maior diâmetro são mais eficientes no transporte de água em épocas de maior disponibilidade hídrica no solo e os vasos de menor diâmetro são mais seguros em época de seca. A presença de anéis semi-porosos no lenho de caule e raiz em *A. sellowiana* pode assim estar relacionado à sazonalidade hídrica do ambiente em que as plantas cresceram, ou seja, o cerrado.

Placas de perfuração simples foram observadas tanto no lenho de caule quanto no lenho de raiz em *A. sellowiana*. Apesar de alguns estudos indicarem que a presença de placas de perfuração simples nos vasos pode estar relacionada à maior eficiência na condução de água dentro da planta (Carlquist 1988, Wheeler & Baas 1991), estudos recentes não sustentam esta teoria porque o ganho em condutividade hidráulica em vasos com placas de perfuração simples quando comparados com os de placas de perfuração múltiplas é muito pequeno (Schulte & Castle 1993, Ellerby & Ennos 1998).

Quantitativamente, houve grande variação entre os caules e entre as raízes dos espécimes. Estas variações quantitativas dificultam a discussão. De uma forma geral, o comprimento dos elementos de vaso foi maior no lenho de caule do que no de raiz. Este resultado concorda com o de Machado *et al.* (1997) em *Styrax camporum* (Styracaceae), espécie que também ocorre em cerrado, entretanto se opõe ao que foi indicado nos estudos de Cutler (1976) com espécies de clima temperado e Psaras & Sofroniou (1999), com espécie do mediterrâneo. O diâmetro dos vasos, que foi maior no lenho de raízes do que nos caules em dois espécimes, segue as tendências apontadas na literatura (Machado *et al.* 1997; Psaras & Sofroniou 2004). Entretanto, segundo Cutler (1976) não devem ser feitas generalizações para tendência de vasos de maior diâmetro na raiz. Com relação à frequência de vasos, foi verificado, em dois espécimes, maior valor no lenho de caule quando comparado com o lenho da raiz. Este resultado discorda dos estudos de Morrisson (1953),

Cutler (1976) e Esemann-Quadros (2001), porém está de acordo com os estudos realizados por Machado *et al.* (1997) e Psaras & Sofroniou (1999; 2004). Como já comentado anteriormente, a variação encontrada entre os espécimes dificulta a discussão.

Apesar de muito variáveis, os valores dos índices de vulnerabilidade (1,8 a 13,1) e de mesomorfia (605,1 a 4180) indicam que *A. sellowiana* está adaptada a condições méxicas. Estes dados surpreendem, já que as plantas desta espécie estão em um ambiente com sazonalidade hídrica e solo pobre (cerrado). Entretanto, foi verificado neste estudo (observação de campo) que as raízes destas plantas são axiais e profundas, assim é possível que estas raízes sejam profundas o suficiente para encontrar água alguns metros abaixo no solo, no lençol freático, e desta forma as plantas não sofreriam tanto a falta de água nos períodos de seca. Ressaltamos que não foi realizado um estudo experimental para a comprovação deste fato.

A presença de fibras septadas no lenho de caule e raiz de *A. sellowiana* pode estar relacionada à função de armazenamento de água e de substâncias de reserva nestas plantas, como mencionado por Chalk (1989), já que estas plantas se encontram em cerrado onde o solo é pobre e há sazonalidade hídrica.

Fibras bifurcadas foram observadas no lenho de caule e raiz em *A. sellowiana*. Segundo Esemann-Quadros (2001), essas bifurcações em fibras são oriundas de crescimento intrusivo. Fibras com cavidades e com interrupções da parede foram observadas no lenho de caule e raiz da espécie. As cavidades já foram observadas em traqueídes, fibras e parênquima axial nas diferentes famílias de dicotiledôneas, (Gomes *et al.* 1988; Luchi & Mazzoni-Viveiros 1988; Zhong *et al.* 1992; Dias-Leme & Angyalossy-Alfonso 1998).

Raios mais largos foram observados nas raízes quando comparados com os dos caules. Alves & Angyalossy-Alfonso (2002) mencionam que raios mais largos nas raízes podem representar uma maior eficiência no transporte radial e Lebedenko (1962) menciona que os raios mais largos nas raízes podem estar relacionados a uma maior capacidade de reserva dessas raízes. Em *A. sellowiana*, a maior largura dos raios nas raízes pode estar relacionada tanto a maior eficiência no transporte radial quanto a reserva de nutrientes.

Concluindo: a presença de camadas de crescimento no lenho de caule e raiz em *A. sellowiana* pode estar relacionada às variações pluviométricas durante o ano; fibras septadas em caule e raiz e raios mais largos no lenho de raiz podem estar relacionados ao armazenamento de água e substâncias de reserva, o que garantiria o suprimento de nutrientes necessários nos períodos desfavoráveis; os valores do índice de vulnerabilidade e de mesomorfia indicam que a espécie está adaptada a condições méxicas; as características quantitativas mais informativas que diferenciam o lenho da raiz do de caule em *A. sellowiana* foram comprimento, diâmetro e frequência de vasos,

diâmetro e espessura da parede das fibras, largura, altura e frequência dos raios e diâmetro das pontoações intervasculares.

Agradecimentos - Ao funcionário Clemente José Campos pela ajuda em trabalhos de campo, e à Prof. Dra. Liciane Vaz de Arruda Silveira do Departamento de Bioestatística do Instituto de Biociências (UNESP), Campus de Botucatu, pela ajuda nas análises estatísticas.

Referências bibliográficas

- Alves, E.S. & Angyalossy-Alfonso, V. 2002. Ecological trends in wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. **IAWA Journal** 23(4): 391-418.
- Berlyn, G.P. & Miksche, J.P. 1976. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: Iowa, State University.
- Bukatsch, F. 1972. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-safranin. **Mikrokosmos** 61: 255.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany** 64: 887-96.
- Carlquist, S. 1988. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledons wood**. Springer Berlin Verlag.
- Chalk, L. 1989. Fibras. In: Metcalfe, C. R. & Chalk, L. 1989. **Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction**. 2. ed. Oxford University Press, Oxford. Vol 2.
- Carvalho, W.A.; Panoso, L.A. & Moraes, M.H. 1991. Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Experimental Edgardia - Botucatu, SP. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP**, Botucatu, São Paulo.
- Copant - Comisión Panamericana de Normas técnicas. 1974. Descripción de características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera Angiospermae Dicotiledóneas. **COPANT** 30: 1-19.
- Coradin, V.T.R. & Mûniz, G.B. 1992. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Laboratório de Produtos Florestais. Brasília, DF.
- Cutler, D.F. 1976. Variation in root wood anatomy. Leiden Botanical Series. **Wageningen** 3: 143-156.
- Détienne, P. & Jacquet, P. 1983. **Atlas d'identification des bois de l' Anatomie et regions voisines**. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical.

- Dias-Leme, C.L. & Angyalossy-Alfonso, V. 1998. intrusive cavities in Euphorbiaceae fiber walls. **IAWA Journal** 19(3):79-83.
- Dias-Leme, C.L. 1994. Anatomia comparada do lenho do caule, raiz e ramo de algumas espécies de Euphorbiaceae da Mata Atlântica. **Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.**
- Ellerby, D.J. & Ennos, A.R. 1998. Resistances to fluid flow of model xylem vessels with simple and scalariform perforation plates. **Journal of Experimental Botany** 49(323): 979-985.
- Esemann-Quadros, K. 2001. **Anatomia do lenho de *Clusia criuva* Camb. (Clusiaceae): órgãos, hábitos e ambientes.** Dissertação de Doutorado em Ciências na Área de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ewers, F.W.; Carlton, M.R.; Fisher, J.B.; Kolb, K.J. & Tyree, M.P. 1997. Vessel diameters in roots versus stems of tropical lianas and other growth forms. **IAWA Journal** 18(3): 261-279.
- Gasson. P.E. & Cutler. F. 1990. Root anatomy of 17 genera growing the British Isles. **IAWA Bulletin** 11 (1): 3-36.
- Gentry, A.H. 1993. **A field guide to the families and genera of wood plants of northwest South America.** Chicago: University of Chicago.
- Gomes, A.V., Teixeira, L.L., Muñiz, G.B. & Bohren, A. 1988. Transpierced tracheids, trabeculae and other unusual features in Gymnosperm wood. **Conferência Global da Divisão 5 – Produtos Florestais.** International Union of Forestry Research Organizations IUFRO.
- Iawa Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin** 10 (3): 219-332.
- Köeppen, W. 1931. **Climatologia.** Buenos Aires, Fundo de Cultura Econômica.
- Lebedenko, L.A. 1962. Comparative anatomical analysis of the mature wood of roots and stems of some wood plants. **Trudy Inst. Lesa i Drevesiny Akad. Nauk SSSR (Sib. Otdel.)** 51:124-134.
- Lorenzi, H. 2002. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- Luchi, A.E.& Mazzoni-Viveiros, S.C. 1988. Regiões de transpasse em elementos celulares de lenho de *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Muell. Arg. (Euphorbiaceae). **Resumo do Congresso da Sociedade de Botânica de São Paulo, Rio Claro, São Paulo.**
- Machado, S.R.; Angyalossy-Alfonso, V. & Morretes, B. L.1997. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). **IAWA Journal** 18 (1): 13-25.
- Metcalf, C. R. & Chalk, L.1950. **Anatomy of the dicotyledons.** Oxford Clarendon.
- Morrison, T.M. 1953. Comparative histology of secondary xylem in buried end exposed roots of dicotyleonous trees. **Phytomorphology** 3(4):427-430.

- Psaras, G.K. & Sofroniou, I. 1999. Wood anatomy of *Capparis spinosa* from an ecological perspective. **IAWA Journal** **20** (4): 419-429.
- Psaras, G.K. & Sofroniou, I. 2004. Stem and root wood anatomy of the shrub *Phlomis fruticosa* (Labiatae). **IAWA Journal** **25**(1): 71-77.
- Ranjani, K. & Krishnamurthy, K.V. 1987. A comparative study of root and stem woods of some members of the Mimosoideae (Leguminosae). **Journal of the Arnold Arboretum** **68**:349-355.
- Roeser, K.R. 1972. Die Nadel der Schwarze Kiefer-Massenprodukt und Kunstwerk der Natur. **Mikrokosmos** **61**: 33-36.
- Schulte, P.J. & Castle A.L. 1993. Water flow through vessel perforation plates – A fluid mechanical approach. **Journal of Experimental Botany** **44**(264):1135-1142.
- Sano, S.M. & Almeida, S.P. 1998. **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA, DF.
- Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. **IAWA Journal** **16**: 337-351.
- Weeler, E.A. & Baas, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. **IAWA Bulletin** **12**: 275-332.
- Zhong, Y., Bass, P., Wheeler, E. A. 1992. Wood anatomy of trees and shrubs from China IV. Ulmaceae. **IAWA Bulletin** **13**(4): 419-453.
- Zimmermann, M.H. & Brown, C.L. 1971. **Trees**. Structure and function. Springer, Berlin.

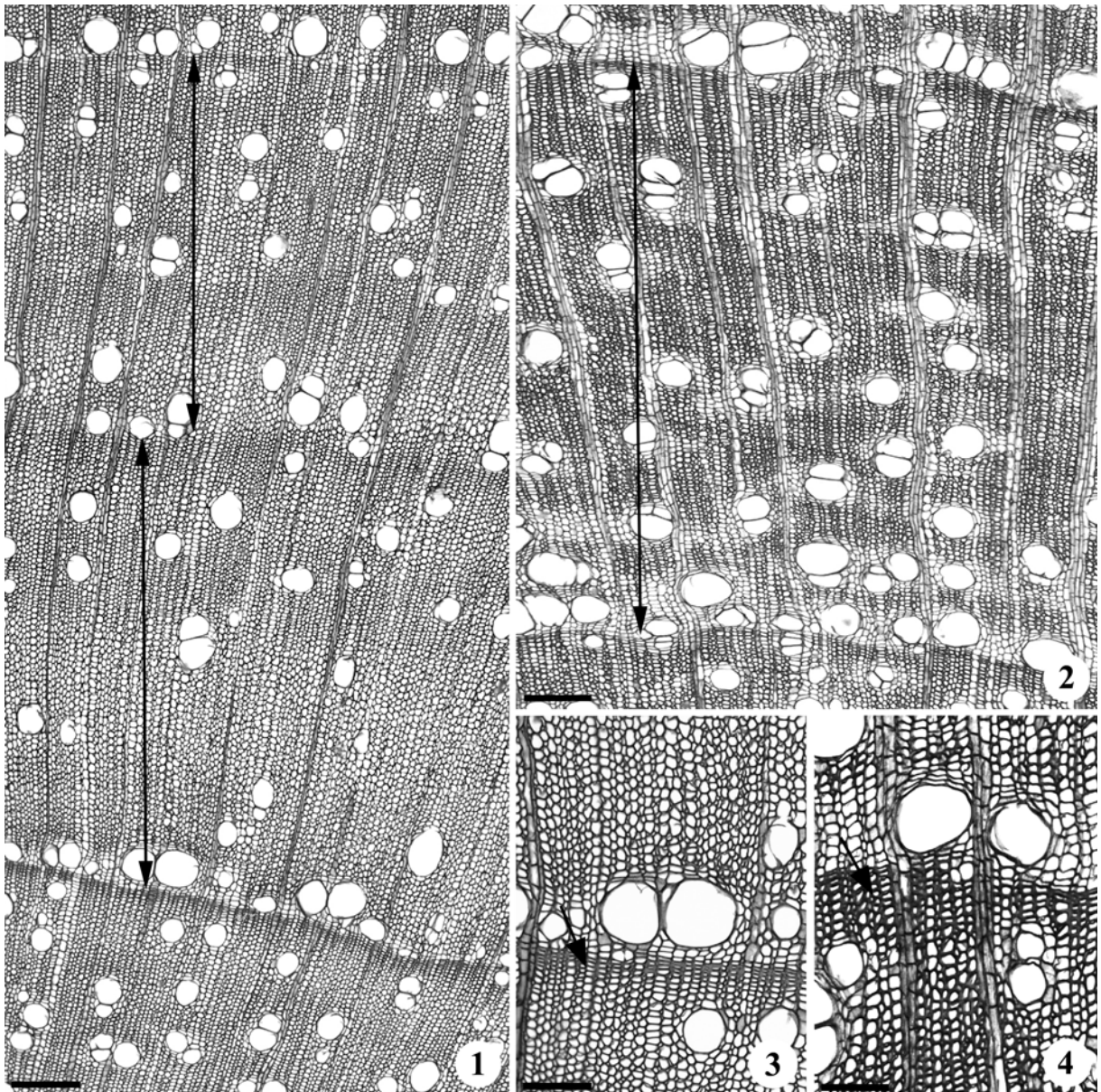


Figura 1-4. Seções transversais do lenho de caule e raiz de *Aegiphila sellowiana* Cham. 1 - 2. Camadas de crescimento distintas (setas). 1. BOTw 1411, caule. 2. BOTw 1412, raiz. 3 - 4. Detalhe mostrando fibras espessadas e achatadas radialmente (setas) no final do lenho tardio. 3. BOTw 1411, caule. 4. BOTw 1412, raiz. Barras = 50 μ m 3, 4; 100 μ m 1, 2.

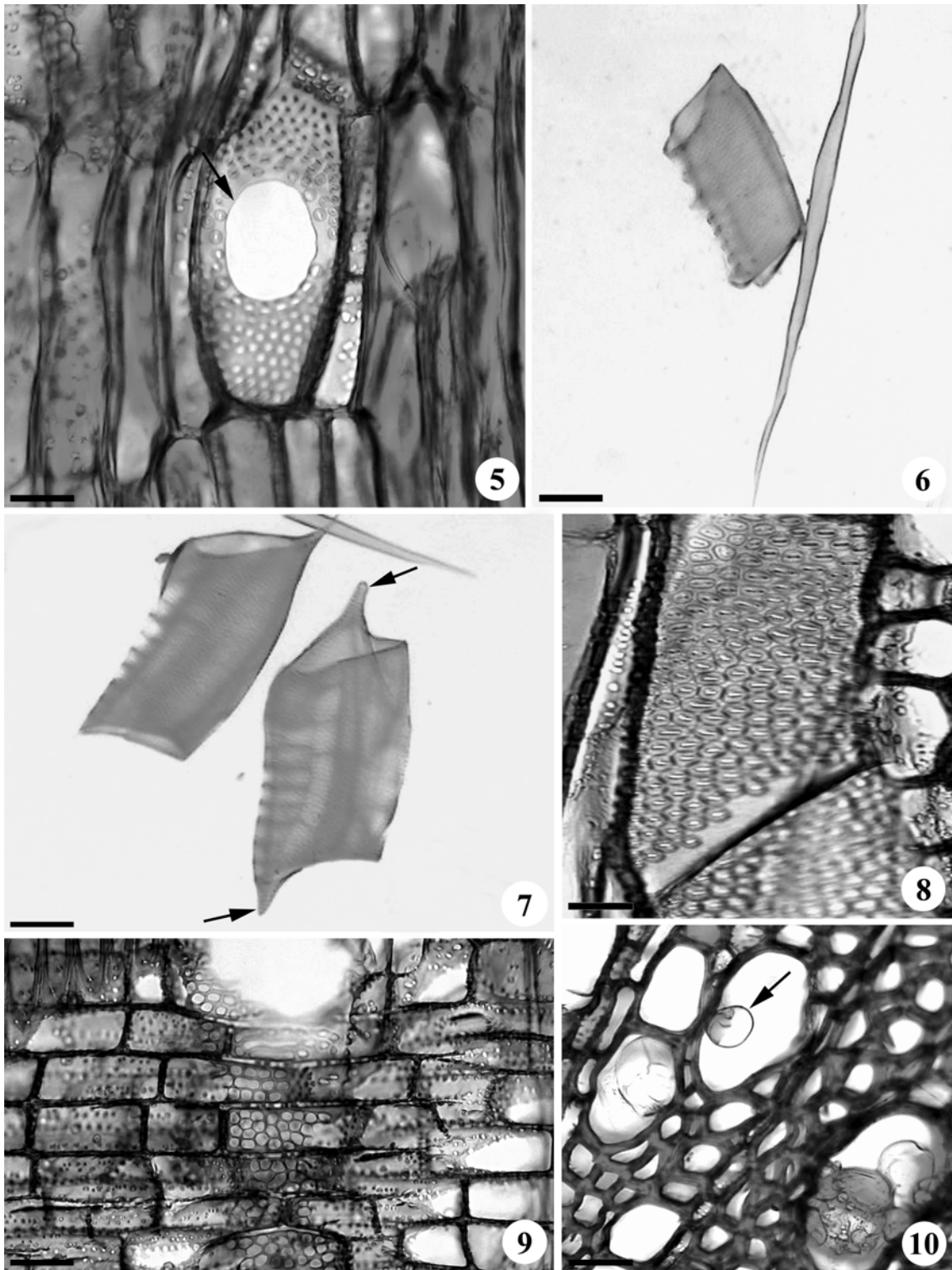


Figura 5-10. Lenho de caule e raiz de *Aegiphila sellowiana* Cham. 5. Seção longitudinal radial do lenho de raiz (BOTw 1412), mostrando placa de perfuração simples em vaso (seta). Notar a borda da placa de perfuração com pontoações areoladas, semelhantes às pontoações intervasculares. 6 - 7. Elementos de vaso em macerado. 6. Sem apêndice em lenho de caule (BOTw 1413). 7. Com apêndices em uma ou em ambas as extremidades (setas) (BOTw 1411) 8. Seção longitudinal tangencial do lenho de caule (BOTw 1411), mostrando vasos com pontoações intervasculares areoladas alternas. 9. Seção longitudinal radial em raiz (BOTw 1412) mostrando pontoações radiovasculares com abertura maior do que a das pontoações intervasculares. 10. Tilo (seta) em vaso no lenho de caule (BOTw 1413). Barras = 30 μ m 5, 8; 50 μ m 6, 7, 9, 10.

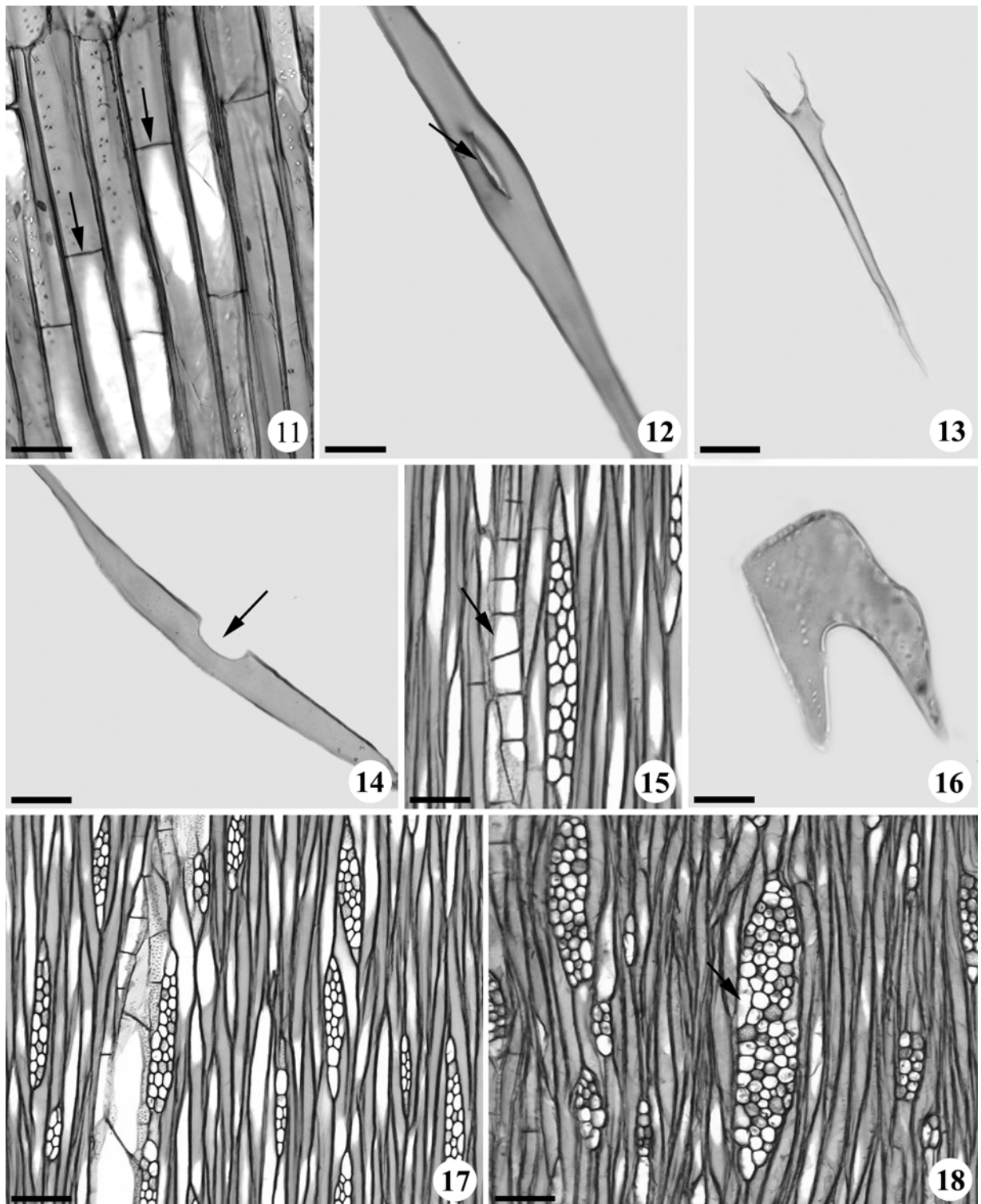


Figura 11–18. Lenho de caule e raiz de *Aegiphilla sellowiana* Cham. 11. Seção longitudinal tangencial de raiz (BOTw 1414) mostrando fibras septadas (setas) e com pontoações diminutas. 12. Fibra com cavidade em macerado (seta) (BOTw 1411, caule). 13. Fibra bifurcada em macerado (BOTw 1414, raiz). 14. Fibra com interrupção da parede em macerado (seta) (BOTw 1411, raiz). 15. Seção longitudinal tangencial do caule (BOTw 1411) mostrando série parenquimática com oito células (seta). 16. Parênquima bifurcado em macerado de raiz (BOTw 1414). 17 - 18. Seções longitudinais tangenciais de caule e raiz. 17. Raios multisseriados de duas a três células de largura em caule do BOTw 1411. 18. Raios uni e multisseriados com uma a quatro células de largura em raiz (BOTw 1414). Célula envolvente de raio (seta). Barras = 30 μ m 16; 50 μ m 11 – 12,14; 80 μ m 15; 100 μ m 13, 17 – 18.

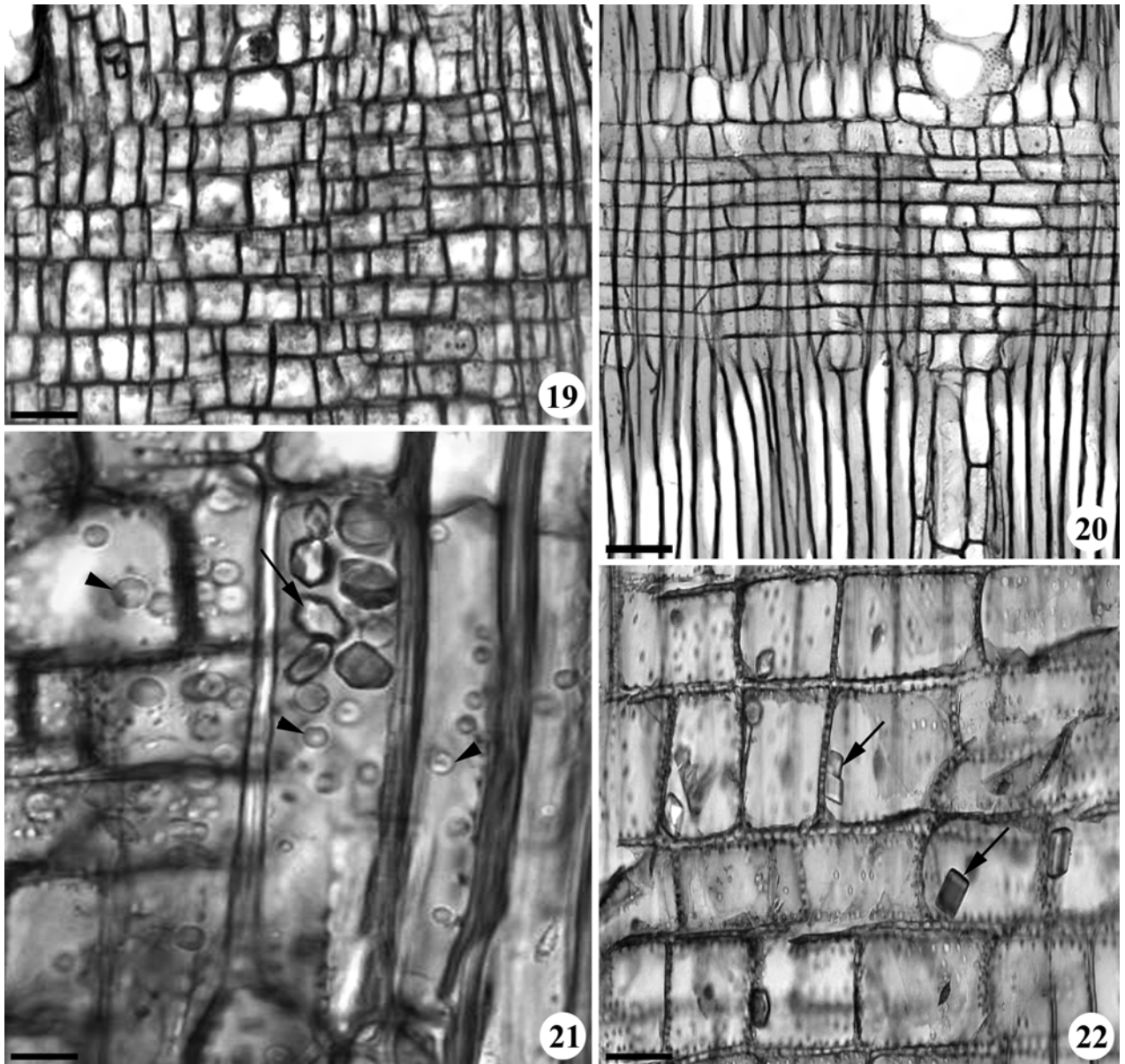


Figura 19-22. Seções longitudinais radiais do lenho de caule e raiz de *Aegiphila sellowiana* Cham. 19. Células quadradas e eretas misturadas no raio em raiz (BOTw 1414). 20. Corpo do raio com células procumbentes e uma a duas camadas de células quadradas e eretas na margem em caule (BOTw 1411). 21. Cristais prismáticos e de formatos irregulares (seta) em célula do parênquima axial. Notar os grãos de amido (cabeça de seta) nas células do parênquima axial e radial em raiz (BOTw 1416). 22. Cristais prismáticos e de formatos irregulares (setas) nas células do parênquima radial em caule (BOTw 1411). Barras = 30 μ m 21-22; 100 μ m 19-20.

Tabela 1. Informações gerais sobre os espécimes coletados de *Aegiphila sellowiana*
 Cham. C = caule. R = raiz.

Nº. Herbário	Altura	DAP*	Órgão	Nº. coletor	Nº. Xiloteca	Circunferência (raiz)
BOTU	(m)	(cm)			(BOT _w)	(cm)
24.304	3,11	14	C	S.L. Goulart 7	1411	-
			R	S.L. Goulart 8	1412	10
24.305	2,40	10	C	S.L. Goulart 9	1413	-
			R	S.L. Goulart 10	1414	7
24.306	2,00	6,5	C	S.L. Goulart 11	1415	-
			R	S.L. Goulart 12	1416	7

(*) DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m)

Tabela 2. Características físico-químicas do solo da área de coleta. AG = areia grossa, AF = areia fina, Areia/T = areia total, Arg. Nat. = argila natural, g/kg = grama por quilograma, pH potencial de hidrogênio, M.O. = matéria orgânica, P resina = fósforo, Al³ = alumínio trocável, H+Al = acidez potencial, Ca = cálcio, Mg = magnésio, SB = soma de base, CTC = capacidade de troca catiônica e V% = saturação/base, S = enxofre, CaCl₂ = cloreto de cálcio, g/dm³ = grama/decímetro cúbico, mg/dm³ = miligrama por decímetro cúbico, mmol_c/dm³ = milimol de carga/decímetro cúbico.

	AG	AF	Areia/T	Argila	Silte	Arg. Nat.	Textura					
Análise física g/Kg											
	---	---	861	99	40	---	arenosa					
	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco							
Micronutrientes mg/dm ³											
	0,21	0,7	115	1,2	0,2							
	pH	M.O.	P resina	Al ⁺³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
Fertilidade	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³					mg/dm ³	
	4,0	6	2	-	36	0,3	1	0	2	38	5	-

Tabela 3. Características anatômicas quantitativas (média \pm desvio padrão) do lenho de caule e raiz de *Aegiphila sellowiana* Cham. Org. = órgão; C = caule, R = raiz; Vasos: Comp. = comprimento dos elementos de vaso, Diâm. = diâmetro dos vasos, Freq. = frequência de vasos (n° de vasos/mm²), v = índice de vulnerabilidade, m = índice de mesomorfia; Fibras: Diâm. = diâmetro das fibras, Comp. = comprimento das fibras, Esp. parede = espessura da parede das fibras; Raios: Larg. = Largura dos raios em número de células, Alt. = Altura dos raios, Freq. = frequência de raios (n° de raios/mm); e Pontoações: Interv. = Diâmetro das Pontoações intervasculares, Radiov. = diâmetro das pontoações radiovasculares.

N. amostra	Org.	Vasos				Fibras				Raios				Pontoações (diâm.)	
		Comp. (µm)	Diâm. (µm)	Freq. (n°/mm ²)	v	m	Diâm. (µm)	Comp. (µm)	Esp. parede (µm)	Larg. (n°cel.)	Alt. (µm)	Freq. (n°/mm)	Interv. (µm)	Radiov. (µm)	
BOT _w 1411	C	362±81,4	79±26,2	7±2,1	11,4	4142	30±5,8	937±82	4±0,9	2,4±0,5	315±108	4±0,6	5,4±0,6	4,2±0,8	
BOT _w 1412	R	317±71,5	98±42,3	7±2,5	13,1	4180	31±5,7	827±172	4±0,7	3±0,7	283±108	3±7	7±0,6	4±0,6	
BOT _w 1413	C	374±38,3	85±32	17±4,9	4,8	1794	31±5,2	770±91	4±0,8	2±0,4	362±163	5±7	5,8±0,7	4,3±0,4	
BOT _w 1414	R	392±48,6	93±31,6	13±6,4	7,1	2084	33±7,2	811±96	6±1,2	3±1	268±101	3±1	5,3±0,6	4±0,6	
BOT _w 1415	C	329±76,9	37±13,6	20±6,7	1,8	605,1	26±4,1	830±137	4±0,9	1,7±0,5	303±175	5±0,9	4,9±0,5	3,8±0,6	
BOT _w 1416	R	337±81,9	96±32,7	13±3,2	7,4	2479	33±4,9	888±156	7±1,3	2,4±0,5	215±87	3±1	6±0,6	4±0,6	

Tabela 4. Características anatômicas quantitativas dos caules dos três espécimes de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Características		Nº das amostras	Médias (µm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
	Comprimento	BOTw1413	374	A	3	(0,6333)
		BOTw1411	362	A		
		BOTw1415	329	A		
Vasos	Diâmetro	BOTw1413	85	A	32	(<,0001)
		BOTw1411	79	A		
		BOTw1415	37	B		
	Frequência	BOTw1415	20	A	55	(<,0001)
		BOTw1413	17	A		
		BOTw1411	7	B		
Fibras	Comprimento	BOTw1411	937	A	19	(<,0001)
		BOTw1415	830	B		
		BOTw1413	770	B		
	Diâmetro	BOTw1413	31	A	7	(0,0019)
		BOTw1411	30	A		
		BOTw1415	26	B		
Esp. da parede	BOTw1415	4	A	2	(0,1472)	
	BOTw1413	4	A			
	BOTw1411	4	A			
Raios	Largura	BOTw1411	2,4	A	17	(<,0001)
		BOTw1413	2	B		
		BOTw1415	1,7	B		
	Altura	BOTw1413	362	A	1	(0,2803)
		BOTw1411	315	A		
		BOTw1415	303	A		
Frequência	BOTw1415	5	A	29	(<,0001)	
	BOTw1413	5	A			
	BOTw1411	4	B			
Pnt. Intervascular	Diâmetro	BOTw1413	5,8	A	17	(<,0001)
		BOTw1411	5,4	A		
		BOTw1415	4,9	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	BOTw1413	4,3	A	6	(0,0048)
		BOTw1411	4,2	BA		
		BOTw1415	3,8	B		

Tabela 5. Características anatômicas quantitativas das raízes dos três espécimes de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Características		Nº das amostras	Média (µm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
	Comprimento	BOTw1416	337	A	3	(0,0471)
		BOTw1412	317	BA		
		BOTw1414	292	B		
Vasos	Diâmetro	BOTw1414	93	A	0,1	(0,8708)
		BOTw1416	96	A		
		BOTw1412	98	A		
	Frequência	BOTw1414	13	A	15	(<,0001)
		BOTw1416	13	A		
		BOTw1412	7	B		
	Comprimento	BOTw1416	888	A	2	(0,1019)
		BOTw1412	827	A		
		BOTw1414	811	A		
Fibras	Diâmetro	BOTw1414	33	A	1	(0,2612)
		BOTw1416	33	A		
		BOTw1412	31	A		
	Esp. da parede	BOTw1416	7	A	40	(<,0001)
		BOTw1414	6	B		
		BOTw1412	4	C		
	Largura	BOTw1412	3	A	10	(0,0002)
		BOTw1414	3	A		
		BOTw1416	2,4	B		
Raios	Altura	BOTw1412	283	A	4	(0,0245)
		BOTw1414	268	BA		
		BOTw1416	215	B		
	Frequência	BOTw1416	3	A	0,5	(0,6051)
		BOTw1412	3	A		
		BOTw1414	3	A		
Pont. Intervascular	Diâmetro	BOTw1412	7	A	45	(<,0001)
		BOTw1416	6	B		
		BOTw1412	5,3	C		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	BOTw1414	4	A	0,3	(0,6788)
		BOTw1412	4	A		
		BOTw1416	4	A		

Tabela 6. Características anatômicas quantitativas do caule e da raiz do espécime 24.304 de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Características			Média (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	Caule	362	A	5	(0,0252)
		Raiz	317	B		
	Diâmetro	Caule	79	A	4	(0,0459)
		Raiz	98	B		
	Frequência	Caule	7	A	0,3	(0,5599)
		Raiz	7	A		
Fibras	Comprimento	Caule	937	A	10	(0,0025)
		Raiz	827	B		
	Diâmetro	Caule	30	A	0,2	(0,6280)
		Raiz	31	A		
	Esp. da parede	Caule	4	A	0,8	(0,3758)
		Raiz	4	A		
Raios	Largura	Caule	2,4	A	22	(<,0001)
		Raiz	3	B		
	Altura	Caule	315	A	1	(0,2601)
		Raiz	283	A		
	Frequência	Caule	4	A	22	(<,0001)
		Raiz	3	B		
Pont. Intervascular	Diâmetro	Caule	5,4	A	67	(<,0001)
		Raiz	7	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	Caule	4,2	A	0,01	(0,9150)
		Raiz	4	A		

Tabela 7. Características anatômicas quantitativas do caule e raiz do espécime 24.305 de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Características			Médias (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	Caule	374	A	28	(<,0001)
		Raiz	292	B		
	Diâmetro	Caule	85	A	1	(0,3020)
		Raiz	93	A		
Frequência	Caule	17	A	9	(0,0034)	
	Raiz	13	B			
Fibras	Comprimento	Caule	770	A	3	(0,0968)
		Raiz	811	A		
	Diâmetro	Caule	31	A	1	(0,2703)
		Raiz	33	A		
	Esp. da parede	Caule	4	A	27	(<,0001)
Raiz		6	B			
Raios	Largura	Caule	2	A	46	(<,0001)
		Raiz	3	B		
	Altura	Caule	362	A	7	(0,0094)
		Raiz	268	B		
	Frequência	Caule	5	A	86	(<,0001)
		Raiz	3	B		
Pont. Intervascular	Diâmetro	Caule	5,8	A	10	(<,0025)
		Raiz	5,3	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	Caule	4,3	A	0,2	(0,6411)
		Raiz	4	A		

Tabela 8. Características anatômicas quantitativas do caule e raiz do espécime 24.306 de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Características			Médias (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	Caule	329	A	0,1	(0,6966)
		Raiz	337	A		
	Diâmetro	Caule	37	A	85	(<,0001)
		Raiz	96	B		
	Frequência	Caule	20	A	25	(<,0001)
		Raiz	13	B		
Fibras	Comprimento	Caule	830	A	2	(0,1345)
		Raiz	888	A		
	Diâmetro	Caule	26	A	30	(<,0001)
		Raiz	33	B		
	Esp. da parede	Caule	4	A	62	(<,0001)
		Raiz	7	B		
Raios	Largura	Caule	1,7	A	20	(<,0001)
		Raiz	2,4	B		
	Altura	Caule	303	A	6	(0,0176)
		Raiz	215	B		
	Frequência	Caule	5	A	57	(<,0001)
		Raiz	3	B		
Pont. Intervascular.	Diâmetro	Caule	4,9	A	32	(<,0001)
		Raiz	6	B		
Pont. Radiovascular.	Diâmetro	Caule	3,8	A	4	(0,0446)
		Raiz	4	B		

Tabela 9. Características quantitativas do caule e raiz de todos os espécimes de *Aegiphila sellowiana* Cham.

Características			Média (μm)	Tukey 5%	Estatística de F	Valor de p
Vasos	Comprimento	Caule	355	A	13	(0,0004)
		Raiz	315	B		
	Diâmetro	Caule	67	A	32	(<,0001)
		Raiz	96	B		
	Frequência	Caule	15	A	15	(0,0001)
		Raiz	11	B		
Fibras	Comprimento	Caule	846	A	0,03	(0,8551)
		Raiz	842	A		
	Diâmetro	Caule	29	A	12	(0,0006)
		Raiz	32	B		
	Esp. da parede	Caule	4	A	49	(<,0001)
		Raiz	6	B		
Raios	Largura	Caule	2	A	70	(<,0001)
		Raiz	3	B		
	Altura	Caule	327	A	14	(0,0003)
		Raiz	256	B		
	Frequência	Caule	5	A	130	(<,0001)
		Raiz	3	B		
Pont. Intervascular	Diâmetro	Caule	5	A	20	(<,0001)
		Raiz	6	B		
Pont. Radiovascular	Diâmetro	Caule	4	A	1	(0,3478)
		Raiz	4	A		

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo contribuiu com informações sobre anatomia comparada do lenho de caule e raiz de *Lippia salviaefolia* Cham. e *Aegiphila sellowiana* Cham. (Verbenaceae) em área de cerrado, complementando as poucas informações existentes em literatura quanto aos aspectos anatômicos estruturais entre os dois órgãos. A seguir, os aspectos principais encontrados no trabalho:

- Observou-se que houve variações qualitativa e quantitativa entre os órgãos analisados, caule e raiz, em ambas as espécies.
- As duas espécies possuem camadas de crescimento distintas no lenho de ambos os órgãos, entretanto em *A. sellowiana*, estas camadas estão melhor demarcadas nas raízes.
- Anel semi-poroso foi observado no lenho de ambas as espécies.
- As plantas de *L. salviaefolia* apresentam lenho com placas de perfuração múltiplas nos elementos de vaso, em caule e em raiz, enquanto que nos elementos de vaso do lenho de caule e raiz em *A. sellowiana*, as placas de perfuração são simples.
- Raios mais largos foram observados no lenho de raiz em ambas as espécies.
- Fibras septadas foram observadas no lenho de raiz em *L. salviaefolia* e no lenho de caule e raiz em *A. sellowiana*.
- Fibras bifurcadas, com cavidades e com interrupções na parede foram observadas no lenho de caule e raiz em *L. salviaefolia* e *A. sellowiana*.
- O índice de vulnerabilidade e mesomorfia indicam que as plantas de *L. salviaefolia* estão adaptadas às condições xéricas e as plantas de *A. sellowiana* às condições méxicas.
- Quantitativamente, as características mais informativas que diferenciaram o lenho da raiz do de caule em *L. salviaefolia* foram comprimento e freqüência de vasos, comprimento, diâmetro e espessura da parede das fibras e largura e altura de raios. Em *A. sellowiana* foram: comprimento, diâmetro e freqüência de vaso, diâmetro e espessura da parede da fibra, largura, altura e freqüência de raio e pontuação intervascular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHO, C.J.R. & MARTINS, E.S. 1995. De grão em grão o cerrado perde espaço (Cerrado-impactos do processo de ocupação). Brasília: WWF Fundo mundial para a natureza.
- ALVES, E.S. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 2002. Ecological trends in wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. IAWA Journal 23:391-418.
- BARROSO, G.M. 1991. Sistemática de angiospermas do Brasil. UFV. Viçosa, MG.
- BERLYN, G.P. & MIKSCHE, J.P. 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. Ames: Yowa, State University, 326p.
- BOTOSSO, P.C. & GOMES, A.V. 1982. Radial vessel and series of perforated rays cells in Annonaceae. IAWA Bulletin 3:103-182.
- BUKATSCH, F. 1972. Bemerkungen zur Dappelfarbung Astrablau-safranin. Mikrokosmos 61:255.
- CARLQUIST, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. American Journal of Botany 64:887-96.
- CARLQUIST, S. 1988. Comparative wood anatomy: Systematic, Ecological and Evolutionary aspects of Dicotyledons Wood. Springer Verlag. Berlin / Heidelberg / New York / London / Paris / Tokyo. 436p.
- CARLQUIST, S. 1988. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledons wood. Springer Berlin Verlag.
- CARVALHO, W.A., PANOSO, L.A. & MORAES, M.H. 1991. Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Experimental Edgardia - Botucatu, SP. Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, São Paulo.
- CASTRO, L.H.R., MOREIRA, A.M. & ASSAD, E.D. 1994. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados brasileiros. *In* Chuva nos Cerrados: análise e especialização. (E. D.ASSAD, Coord.). Brasília: Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrados/Embrapa, p.423.
- CECCANTINI, G.C.T. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 2000. Perforated ray cells in *Bathysa meridionalis* (Rubiaceae). IAWA Journal 21:77-82.
- CHALK, L. 1989. Fibres. In. METCALFE, C.R. & CHALK, L. 1989. Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction. 2. ed. Oxford University Press, Oxford. Vol 2.
- CHALK, L. 1989. Fibres. In. Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1989. Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction. 2. ed. Oxford University Press, Oxford. Vol 2.

- CHALK, L. & CHATTAWAY, M.M. 1933. Perforated ray cells. Proc. Royal Soc. London. 113:82-92.
- CHALK, L. 1989. Roots of wood plants. Anatomy of the dicotyledons: *In* wood structure and conclusion of general introduction. (C. R. Metcalfe & L. Chalk, eds.). Oxford: University Press, v.2.
- COPANT - Comision Panamericana de Normas técnicas. 1974. Descripción de características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera Angiospermae Dicotiledóneas. COPANT 30:1-19.
- CORADIN, V.T.R. & MÛNIZ, G.B. 1992. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Laboratório de Produtos Florestais. Brasília, DF.
- CUTLER, D.F. 1976. Variation in root wood anatomy. Leiden Botanical Series. Wageningen 3:143-156.
- DÉTIENNE, P. & JACQUET, P. 1983. Atlas d'identification des bois de l' Anatomie et regions voisines. Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical.
- DIAS-LEME, C.L. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 1998. intrusive cavities in Euphorbiaceae fiber walls. IAWA Journal 19:79-83.
- DIAS-LEME, C.L. 1994. Anatomia comparada do lenho do caule, raiz e ramo de algumas espécies de Euphorbiaceae da Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ELLERBY, D.J. & ENNOS, A.R. 1998. Resistances to fluid flow of model xylem vessels with simple and scalariform perforation plates. Journal of Experimental Botany 49:979-985.
- ESEMANN-QUADROS, K. 2001. Anatomia do lenho de *Clusia criuva* Camb. (Clusiaceae): órgãos, hábitos e ambientes. Dissertação de Doutorado em Ciências na Área de Botânica. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- EWERS, F.W., CARLTON, M.R., FISHER, J.B.; KOLB, K.J. & TYREE, M.P. 1997. Vessel diameters in roots versus stems of tropical lianas and other growth forms. IAWA Journal 18:261-279.
- EWERS, F.W., FISCHER J.B. & CHIU, S.T. 1990. A suvery of vessel dimensions in stems of tropical lianas and other growth forms. Oecologia 84:544 – 552.
- FELFILI, J.M., SILVA, M.C., REZENDE, A.V., MACHADO, J.W.B., WALTER, B.M.T., SILVA, P.E.N. & HAY, J.D. 1992. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na Chapada Pratinha, DF-Brasília Acta Botanica Brasilica 6: 27-46.

- FESTER, C.A., MARTINUZZI, E.A., RETAMARY, J.A & RICCIARDI, A.I. 1961. Aceites essenciais de la República Argentina. Academia Nacional de Ciências, Córdoba. 113p.
- FISCHER J.B. & EWERS, F.W. 1995. Vessel dimensions in liana and tree species of *Gnetum* (Gnetales). *American Journal of Botany* 82:1350-1357.
- FRANCO, A.C. 2002. Ecophysiology of woody plants. *In* The cerrados of Brazil (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press: New York, p.178-197.
- GASSON, P.E. & CUTLER, F. 1990. Root anatomy of 17 genera growing the British Isles. *IAWA Bulletin* 11:3-36.
- GENTRY, A.H. 1993. A field guide to the families and genera of wood plants of northwest South America. Chicago: University of Chicago.
- GIRAUD, B. 1983. Les cellules perforés des rayons ligneus chez les Euphorbiacées. *Adansonia* 2:213-221.
- GOMES, A.V., TEIXEIRA L.L., GOMES, S.E. & HOFMEISTER, R.M. 1989. Perforation plates in vessels of *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae). *IAWA Bulletin* 10:27-34.
- GOMES, A.V., TEIXEIRA, L.L., MUÑIZ, G.B. & BOHREN, A. 1988. Transpierced tracheids, trabeculae and other unusual features in Gymnosperm wood. Conferência Global da Divisão 5 – Produtos Florestais. International Union of Forestry Research Organizations IUFRO.
- IAWA COMMITTEE. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10:219-332.
- JOLY, A. B. 1970. Conheça a vegetação brasileira. Editora da Universidade São Paulo. São Paulo.
- KLINK, C.A. 1996. Relação entre o desenvolvimento agrícola e a biodiversidade. *In* Anais VIII Simpósio sobre o cerrado, International Symposium on Tropical Savanas – Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e Fibras nos Cerrados (R. C. Pereira. & L. B. Nasser, eds.). EMBRAPA – CPAC, Brasília. p.25-27.
- KÖEPPEN, W. 1931. Climatologia. Buenos Aires, Fundo de Cultura Econômica.
- LEBEDENKO, L.A. 1962. Comparative anatomical analysis of the mature wood of roots and stems of some wood plants. *Trudy Inst. Lesa i Drevesiny Akad. Nauk SSSR (Sib. Otdel.)*, 51:124-134.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. A flora arbórea dos cerrados do estado de São Paulo. *Hoehnea* 19: 151-163.
- LIM, D. & SOH, W.Y. 1986. A comparative anatomy of the secondary xilem in the roots and stems of some *Pinus* plants. *Korean Journal of Botany* 29:185-196.
- LORENZI, H. 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

- LUCHI, A.E. & MAZZONI-VIVEIROS, S.C. 1988. Regiões de transpasse em elementos celulares de lenho de *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Muell. Arg. (Euphorbiaceae). Resumo do congresso da sociedade de Botânica de São Paulo, Rio Claro, São Paulo.
- MACHADO, S.R. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 1995. Occurrence of perforated ray cells in wood of *Styrax camporum* Pohl. (Styracaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 18:221-225.
- MACHADO, S.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. & MORRETES, B.L. 1997. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). *IAWA Journal* 18:13-25.
- MARCATI, C.R. 2000. Sazonalidade cambial em espécies tropicais. Tese de doutorado. Instituto de Biociências, USP, São Paulo.
- MCLEAN, J.D. & RICHARDSON, P.E. 1973. Vascular ray cells in woody stems. *Phytomorphology* 23:59-64.
- METCALFE, C.R. & CHALK, L. 1950. *Anatomy of the dicotyledons*. Oxford: Clarendon Press.
- MORRISON, T.M. 1953. Comparative histogy of secondary xylem in buried end exposed roots of dicotyleonous trees. *Phytomorphology* 3:427-430.
- OHTANI, J., JING, W., FUKAZAWA, K. & SHAO, S.Q. 1989. Multiple perforation plates in *Gmelina arborea* ROXB. *IAWA Bulletin* 10:35-41.
- OLIVEIRA, J.S., MACHADO, S.R. & MARCATI, C.R. (em andamento). Células perfuradas de raio em raiz e caule de espécies de cerrado do estado de São Paulo.
- PINHO, R.A. & CAMARGO, T.M. 1979. Contribuição ao estudo anatômico do lenho secundário de árvores da flora dos cerrados III. São Paulo, Brasil. *Hoehma* 8:1-9.
- PINHO, R.A. 1966. Contribuição ao estudo anatômico do lenho secundário de árvores da flora do cerrado I. *Anais da academia Brasileira de Ciências* 38 (supl.):113-124.
- PINHO, R.A., MAZZONI-VIVEIROS, S.C., & SAJO, M.G. 1992. Contribuição ao estudo anatômico do lenho de árvores do cerrados IV. São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 19:171-183.
- PRAKASH, N. 1972. Root wood anatomy of some tropical economic plants: notes from the Jodrell laboratory. *Royal Botanic Gardens* 7:1-19.
- PSARAS, G.K. & SOFRONIOU, I. 1999. Wood anatomy of *Capparis spinosa* from na ecological perspective. *IAWA Journal* 20:419-429.
- PSARAS, G.K. & SOFRONIOU, I. 2004. Stem and root wood anatomy of the shrub *Phlomis fruticosa* (Labiatae). *IAWA Journal* 25:71-77.
- RANJANI, K. & KRISHNAMURTHY, K.V. 1987. A comparative study of root and stem woods of some members of the Mimosoideae (Leguminosae). *Journal of the Arnold Arboretum*. 68:349-355.
- RATERA, E.L. & RATERA, M.O. 1980. Plantas de la flora Argentina empleadas en medicina popular. Hemisfério Sur, Buenos Aires. 189 p.

- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S.1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B & CORREIA, G. F. 1995. Pedologia: base para distinção de ambientes. Núcleo de Estudo e Planejamento e Uso da Terra. Viçosa.
- ROESER, K.R. 1972. Die nadel der Schuwarz Kiefer-Masssenprodukt und Kunstwerk der Nature. *Mikrokosmos* 61:33-36.
- SALIMENA, F.R.G. 2002. Novos sinônimos e tipificação em *Lippia* SCT. *Rhodolippia* (Verbenaceae). *Darwiniana* 40:121-125.
- SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P.1998. Cerrado ambiente e flora. EMBRAPA, Planaltina , DF. 556 p.
- SCHULTE, PJ. & CASTLE AL. 1993. Water flow through vessel perforation plates – A fluid mechanical approach. *Journal of Experimental Botany* 44:1135-1142.
- SERDAR, B., GERÇEK, Z. & MEREV, N. 2004. Perforated ray cells in *Salix rizeensis* (Salicaceae). *IAWA Journal* 25:119-120.
- SOH, W.Y. & LIM, D.O. 1987. Comparative anatomy of the secondary xylem in the root and stem of Korea Lauraceae. *Journal of Korean Forestry Socite.*76:317-329.
- SORARÚ, S.B. & BANDONI, A.1978. Plantas de la medicina popular Argentina. Albatros, Buenos Aires. 153 p.
- WEELER, E.A. & BAAS, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin.* 12:275-332.
- WORBES, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees – A review. *IAWA Journal* 16:337-351.
- ZHONG, Y., BASS, P., WHEELER, E.A. 1992. Wood anatomy of trees and shrubs from China IV. Ulmaceae. *IAWA Bulletin* 13:419-453.
- ZIMMERMANN, M.H. & BROWN, C.L.1971. *Trees. Structure and function.* Springer, New York Heidelberg Berlin. 336p.