

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 16/02/2019.



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



Anatomia caulinar de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) e *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho (Asteraceae) que ocorrem em Cerrado e Mata Atlântica

MARCELA BLAGITZ FERRAZ DO NASCIMENTO

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração Morfologia e Diversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2017



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

**Anatomia caulinar de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) e
Moquiniastrum polymorphum (Less.) G. Sancho (Asteraceae) que
ocorrem em Cerrado e Mata Atlântica**

MARCELA BLAGITZ FERRAZ DO NASCIMENTO

PROF^a. DR^a. CARMEN REGINA MARCATI

ORIENTADORA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências,
Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção
do título de Doutor no Programa de Pós-
Graduação em Ciências Biológicas
(Botânica), Área de concentração Morfologia
e Diversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Nascimento, Marcela Blagitz Ferraz do.

Anatomia caular de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.
(Rutaceae) e *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho
(Asteraceae) que ocorrem em Cerrado e Mata Atlântica / Marcela
Blagitz Ferraz do Nascimento. - Botucatu, 2017

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio
de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu
Orientador: Carmen Regina Marcati
Capes: 20302037

1. Anatomia vegetal. 2. Xilema. 3. Floema. 4. Caules de
planta - Anatomia. 5. Plantas dos cerrados. 6. Cerrados.
7. Mata Atlântica. 8. Chuvas.

Palavras-chave: Anatomia ecológica; Floema secundário;
Periderme; Sazonalidade pluviométrica; Xilema secundário.

*Aos meus pais, Mauro e Célia,
pelo apoio incondicional.*

*‘ En ningún lugar se encuentra la
naturaleza en su totalidad tanto como en
sus criaturas más pequeñas. ’*

Plinio

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro (Auxílio à Pesquisa - Proc. 15/14954-1, Coordenadora Profa. Dra. Carmen Regina Marcati).

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), ao Instituto de Biociências de Botucatu (IBB) e à Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (FCA) pela estrutura que permitiu o desenvolvimento da pesquisa.

À Profa. Dra. Carmen Regina Marcati pela orientação, apoio e pelos ensinamentos científicos e pessoais. *Carmen, cresci e amadureci muito durante esse período. Tudo isso graças a você, que me apoiou, me incentivou, me chamou a atenção e me corrigiu. Não existem palavras que traduzam meu agradecimento! Te levarei para sempre no coração!*

Ao Prof. Dr. Marco Antonio P. L. Batalha e à Profa. Dra. Elza Maria Guimarães Santos pela ajuda e desenvolvimento do projeto de doutorado.

À Comissão Técnico-Científica do Instituto Florestal (COTEC), ao Instituto Florestal, à Fundação Florestal e à Administração da Fazenda Palmeira da Serra (Pratânia/SP) pela autorização de coletas nas áreas de estudo.

Aos responsáveis pelas Unidades de Conservação onde foram realizadas as coletas: Dra. Giselda Durigan (Estação Ecológica de Assis), Lauro Francisco Mascarin Junior e Nelson Gallo (Estação Ecológica dos Caetetus) e José Luiz Camargo Maia (Parque Estadual Carlos Botelho). Agradeço também aos funcionários de cada Unidade pela atenção e apoio durante as coletas.

À Liliane Catarina Pereira pelos ensinamentos no laboratório, ajuda, dicas na hora de cortar e montar material e pela companhia durante o período (que achei que seria interminável) de processamento do material.

A Jefferson Luan C. Rodrigues, PIBIC Jr do Laboratório de Anatomia da Madeira da FCA, que me ajudou com o processamento do material e algumas medições.

À Profa. Dra. Tatiane Maria Rodrigues por disponibilizar o Laboratório de Anatomia Vegetal do IBB para as análises histoquímicas e a Juan de Nicolai por me acompanhar durante estas análises.

Ao Prof. Dr. Anselmo Nogueira pela ajuda no desenvolvimento das análises estatísticas, interpretação dos resultados e dicas no texto.

Aos membros da Banca de Qualificação, Profas. Dra. Elza Maria Guimarães Santos, Dra. Patricia Soffiatti e Dra. Silvia Rodrigues Machado pelas contribuições com a melhora do trabalho.

A todos os Professores do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu por todo o conhecimento transmitido durante as disciplinas cursadas.

Aos meus colegas de laboratório Ana Tereza Durão, Fabio Bosio, Jane R. da Silva, José Matheus Santos, Larissa C. Dória, Natalia T. O. de Lara, Paula C. B. Vergílio, Rafaela Prosdocini e Thais Oya pelos momentos de descontração, conversas, discussões de ideias, aprendizagem e troca de informações. Um agradecimento adicional ao Fabio, por me ensinar a coletar e pela ajuda nas coletas em Pratânia; e à Paulinha, por ter viajado comigo para Assis e São Miguel Arcanjo e por toda ajuda nestas coletas. *Vocês formaram a minha família de Botucatu e lembrarei de todos com muito carinho!*

À Samanta J. Dalanhol pela convivência durante estes quatro anos.

A Leandro Augusto M. Gaspar por estar ao meu lado durante os dois últimos anos e por ter aguentado meu infinito mal humor em diversos períodos. *Obrigada por ser meu oposto e sempre me mostrar como é necessário ter calma e paciência e falar baixo e devagar.*

Obrigada também por me ajudar a conferir medidas e tabelas!

A minha família pela torcida e apoio.

Ao meu “ermão” José Antonio Ferraz do Nascimento pela ajuda em campo na Estação Ecológica de Caetetus.

Aos os meus pais, Mauro Antonio do Nascimento e Maria Célia Blagitz F. do Nascimento, pelo apoio inquestionável nas minhas decisões e por fazerem de tudo para a realização dos meus sonhos.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada,

Marcela Blagitz

Sumário

RESUMO	9
ABSTRACT	11
Introdução Geral	13
Revisão de Literatura	16
1. Estrutura anatômica de caules.....	16
2. Anatomia ecológica do xilema secundário	17
3. Anatomia ecológica do floema secundário e dos tecidos de revestimento.....	23
4. Cerrado	26
5. Mata Atlântica.....	28
6. Espécies estudadas.....	29
6.1 <i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho (Asteraceae).....	29
6.2 <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. (Rutaceae).....	31
Referências Bibliográficas	33
Capítulo 1. Sistema vascular secundário em <i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Asteraceae) e <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> (Rutaceae) de ambientes com diferentes regimes pluviométricos e tipos de solo.....	44
Introdução	45
Material e métodos	48
Resultados.....	55
Discussão	73
Conclusão.....	83
Referências Bibliográficas.....	84
Material Suplementar	93
Capítulo 2. O que a casca de <i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Asteraceae) e <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> (Rutaceae) em diferentes ambientes quanto ao regime pluviométrico nos mostra.....	106
Introdução	107
Material e Métodos.....	108
Resultados.....	112
Discussão	121
Conclusão.....	123
Referências Bibliográficas.....	124
Considerações Finais	129

1 **Nascimento, M.B.F.** Anatomia caulinar de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) e
2 *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho (Asteraceae) que ocorrem em Cerrado e Mata
3 Atlântica. 2016. TESE DE DOUTORADO – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP –
4 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, CÂMPUS DE BOTUCATU.

5
6 RESUMO – Avaliar a estrutura anatômica de plantas que crescem em diferentes ambientes é
7 uma maneira de compreender como as plantas se adaptam às variações destes ambientes.
8 Algumas destas adaptações influenciam no transporte de água e de fotoassimilados, na proteção
9 dos tecidos internos, na força mecânica e na capacidade de armazenamento dos tecidos, que são
10 funções associadas ao caule das plantas. Assim, neste trabalho, avaliamos a estrutura caulinar
11 de duas espécies, *Moquiniastrum polymorphum* e *Zanthoxylum rhoifolium* que ocorrem
12 simultaneamente em diferentes tipos vegetacionais: o cerrado *sensu stricto*, o cerradão, a
13 floresta estacional semidecídua e a floresta ombrófila densa. Os três primeiros tipos
14 vegetacionais têm um período de seca durante o ano, enquanto que na floresta ombrófila densa
15 o regime pluviométrico é relativamente constante ao longo do ano. Os solos de cada local
16 apresentam diferentes propriedades físicas e químicas e no cerrado *sensu stricto* o fogo é um
17 fator ambiental que pode ocorrer naturalmente. Estes fatores podem influenciar a estrutura
18 anatômica dos tecidos vegetais. Para a descrição anatômica coletamos amostras do caule (a 1,30
19 m do solo) contendo xilema secundário e casca, pelo método não destrutivo, de cinco indivíduos
20 de cada tipo vegetacional, que foram processadas conforme técnicas usuais em anatomia da
21 madeira. Para verificar as diferenças entre os tipos vegetacionais, nós comparamos as
22 características anatômicas por meio de uma análise de variância. Em uma segunda abordagem
23 dos dados, utilizando somente as características quantitativas do sistema vascular, xilema e
24 floema secundários, realizamos uma análise componentes principais, para agrupar os
25 indivíduos estudados e avaliar a similaridade entre os ambientes. Considerando o sistema
26 vascular, em *Z. rhoifolium*, encontramos, no xilema, menor diâmetro de vasos e maior espessura
27 da parede das fibras nos tipos vegetacionais onde há seca sazonal. Onde a disponibilidade de
28 água é constante ao longo do ano, encontramos maior diâmetro de vasos e de tubos crivados.
29 Isto indica que as células condutoras e de suporte nesta espécie parecem contribuir com a
30 segurança do transporte de água onde há seca sazonal, e com a eficiência do transporte de água
31 e de fotoassimilados onde a disponibilidade hídrica é constante. Em *M. polymorphum*,
32 encontramos maior espessura da parede das fibras do xilema e maior altura e largura dos raios
33 do xilema e do floema onde há seca sazonal. Estas características podem estar relacionadas à
34 segurança do transporte de água durante os períodos de menor disponibilidade hídrica. Assim,

35 verificamos que as espécies apresentam respostas distintas dos tipos celulares do sistema
36 vascular conforme a disponibilidade de água dos ambientes, indicando adaptações particulares
37 de cada espécie, no entanto, ambas parecem apresentar características que contribuem com a
38 segurança do transporte de água onde há seca sazonal e eficiência no transporte onde o regime
39 pluviométrico é relativamente constante ao longo do ano. Com a análise de agrupamento foi
40 possível agrupar os indivíduos dos tipos vegetacionais com seca sazonal, indicando
41 similaridade entre eles; e separá-los dos indivíduos do tipo vegetacional com regime
42 pluviométrico constante. Com isso, as características do solo e o regime pluviométrico dos
43 locais, que refletem na disponibilidade de água para as plantas, são fatores que parecem
44 influenciar no agrupamento e separação dos indivíduos entre os tipos vegetacionais. Quanto a
45 região mais externa do caule, não observamos diferenças nos aspectos morfológicos e
46 anatômicos qualitativos do sistema de revestimento entre indivíduos dos tipos vegetacionais,
47 portanto podem apresentar valor taxonômico. O local de origem da primeira periderme, no
48 floema secundário em *M. polymorphum* reflete em casca sulcadas e com aspecto frouxo,
49 enquanto que a origem das camadas subepidérmicas em *Z. rhoifolium* reflete em um aspecto
50 mais uniforme e suave da casca. Nos indivíduos de *M. polymorphum* de todos os tipos
51 vegetacionais, há formação de um ritidoma, enquanto que em *Z. rhoifolium*, a maioria dos
52 indivíduos apresentou uma periderme e eventualmente, houve o desenvolvimento de um
53 ritidoma em alguns indivíduos do cerrado *sensu stricto* e da floresta ombrófila densa. As
54 menores larguras de periderme ou ritidoma nos indivíduos do cerrado *sensu stricto* e cerrado
55 em *Z. rhoifolium*, e a não variação da largura do ritidoma em *M. polymorphum* não evidenciam
56 relação entre maior largura dos tecidos de revestimento e proteção contra o fogo no cerrado
57 *sensu stricto*. No entanto, a menor largura de periderme/ritidoma em *Z. rhoifolium* nos tipos
58 vegetacionais com seca sazonal pode ser adaptativa a estes ambientes, pois facilita a entrada de
59 luz e a ocorrência da fotossíntese caulinar, que por sua vez, utiliza menor quantidade de água
60 para a produção de fotoassimilados.

61

62 **Palavras-chave:** xilema secundário; floema secundário; periderme; anatomia ecológica;
63 sazonalidade pluviométrica

1 **Nascimento, M.B.F.** Stem anatomy of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) e
2 *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho (Asteraceae) that occur in Cerrado and
3 Atlantic Forest. 2016. TESE DE DOUTORADO – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP
4 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, CÂMPUS DE BOTUCATU.

5
6 ABSTRACT – Evaluating the anatomical structure of plants that growing in different
7 environments is one way to understand how plants adapt to the variations of these
8 environments. Some of these adaptations influence the water and photosynthesis products
9 transport, the protection of inner tissues, the mechanical strength and the tissues storage
10 capacity, which are functions associated with the plants stem. Thus, in this work, we evaluated
11 the anatomical structure of two species, *Moquiniastrum polymorphum* and *Zanthoxylum*
12 *rhoifolium* that occur in different vegetation types simultaneously: the cerrado *sensu stricto*, the
13 *cerradão*, the semi-deciduous forest and the dense rain forest. The first three vegetation types
14 have a dry period during the year, while the dense rain forest has a constant annual rainfall. The
15 soils of each vegetation type have different physical and chemical properties and fire is a
16 naturally occurring environmental factor in the cerrado *sensu stricto*. These factors can
17 influence the anatomical structure of plant body. To the anatomical description, we collected
18 stem samples (1.30 m from the soil) by the non-destructive method containing secondary xylem
19 and bark of five individuals of each vegetative type. These samples were processed following
20 usual techniques in wood anatomy. To verify the differences between vegetation types, we
21 compared the anatomical characteristics using an analysis of variance. In a second data
22 approach, we performed a principal components analysis to group the individuals and to
23 evaluate the similarity between the environments, using the quantitative characteristics of the
24 vascular system, xylem and phloem secondary. Considering the vascular system, in *Z.*
25 *rhoifolium*, we found smaller vessel diameter and thicker xylem fiber walls in the vegetation
26 types where there is seasonal drought. Where water availability is constant throughout the year,
27 we found larger vessel and sieve tubes diameters. This indicates that the conductive and
28 supporting cells, in this species, seem to contribute with safety of water transport in vegetation
29 types where there is seasonal drought, and the efficiency of water and sugar transport where
30 there is a constant water availability. In *M. polymorphum*, we found thicker fiber xylem walls
31 and higher and wider xylem and phloem rays in vegetation types where there is a seasonal
32 drought. This features can be related to the safety of water transport during less water
33 availability periods. Thus, we notice that species present different responses of the vascular
34 system cells according to the water availability of the environments, indicating particular

35 adaptations of each species. However, both species can present characteristics that contribute
36 to the safety of water transport in vegetation types with a dry season and transport efficiency in
37 vegetation type where there is a constant annual rainfall. Using the grouping analysis, it was
38 possible to group the individuals of the vegetation types with seasonal drought, indicating
39 similarity between them, and separating them from the vegetational type individuals with a
40 constant annual rainfall. Thus, the soil characteristics and the rainfall regime of the sites, which
41 reflect water availability to the plants are factors that seem to influence the grouping and
42 separation of individuals among vegetation types. As for the outermost region of the stem, we
43 did not observe differences in morphological and anatomical aspects of the dermal system
44 between vegetation types, therefore they may present taxonomic value. The region of origin of
45 the first periderm, in the secondary phloem in *M. polymorphum*, reflects in a furrowed and loose
46 bark of this species, whereas the origin of the subepidermal layers in *Z. rhoifolium* reflects in a
47 uniform and smooth bark. In individuals of *M. polymorphum* from all vegetative types
48 presented a rhytidome, while in *Z. rhoifolium*, most of the individuals presented only a periderm
49 and eventually developed rhytidome in some individuals of the cerrado *sensu stricto* and dense
50 rain forest. The thinner periderm or rhytidome in cerrado *sensu stricto* and *cerradão* of *Z.*
51 *rhoifolium* individuals and, the non-variation of rhytidome width of *M. polymorphum* do not
52 show relationship between a greater width of the dermal system and protection against the fire
53 in the cerrado *sensu stricto*. However, thinner periderm/rhytidome in *Z. rhoifolium* in the
54 vegetation types with seasonal drought can be adaptive to these environments, since it facilitates
55 the entrance of light and the occurrence of the stem photosynthesis, which, in turn, uses less
56 water for photosynthetic production.

57

58 **Key-words:** secondary xylem; secondary phloem; periderm; ecological anatomy; seasonal
59 rainfall

1 **Introdução Geral**

2 Fatores climáticos e ambientais como disponibilidade de água, tipos de solo, temperatura
3 e umidade podem alterar a estrutura dos diferentes tecidos que compõe o corpo vegetal
4 (Dickison 2000). Interpretar como essas modificações ocorrem nos diferentes ambientes
5 contribuem para o entendimento da adaptação das plantas a estes locais. Algumas destas
6 adaptações influenciam diretamente no transporte de água e de fotoassimilados, na proteção
7 dos tecidos contra altas temperaturas, na força mecânica e na capacidade de armazenamento
8 dos tecidos (Dickison 2000) que são funções associadas ao caule das plantas.

9 Em estágio secundário de desenvolvimento, o caule geralmente é constituído pelos
10 tecidos vasculares secundários (xilema e floema secundários) e pelo sistema de revestimento
11 (periderme ou ritidoma); adicionalmente, podem persistir estruturas do corpo primário, como
12 por exemplo o córtex primário (Evert 2006). No sistema vascular, o xilema secundário tem
13 como função transporte de água, sustentação da planta (força mecânica) e também
14 armazenamento de substâncias (Evert 2006). Estudos que começaram a avaliar a anatomia do
15 xilema secundário datam do século XVII e as primeiras considerações foram acerca de sua
16 estrutura e funcionalidade (Baas 1982). Como os pesquisadores da área há tempos se dedicam
17 a estes estudos, muito é conhecido sobre o xilema secundário e tendências anatômicas em
18 diferentes ambientes já foram descritas para este tecido (Carlquist 1966; Baas 1973; van den
19 Oever et al. 1981; Baas e Carlquist 1985; Barajas-Morales 1985; Carlquist e Hoekman 1985;
20 Dickison e Phend 1985; Fahn et al. 1986; Baas e Schweingruber 1987; Baas et al. 1988; Lindorf
21 1994; Lens et al. 2004).

22 O floema secundário é o tecido responsável pela condução de moléculas orgânicas, íons
23 e hormônios; armazenamento de substâncias e suporte (Evert 2006; Taiz e Zeiger 2013).
24 Embora apresente funções que são fundamentais ao desenvolvimento vegetal, pouco é
25 conhecido sobre tendências conforme o ambiente. Normalmente estudos anatômicos do floema
26 secundário são descritivos e aplicados a avaliações taxonômicas (por exemplo, Richter 1981;
27 Roth 1981; Costa et al. 1997; Soffiatti e Angyalossy-Alfonso 1999; Oskolski e van Wyk 2010)
28 e poucas são as abordagens ecológicas (den Outer 1983; Yáñez-Espinosa et al. 2001; 2008;
29 Vergílio 2015)

30 O sistema de revestimento contribui com a proteção dos tecidos internos do caule e é
31 realizada pela periderme ou ritidoma (Esau 1974; Evert 2006). Um maior desenvolvimento do
32 sistema de revestimento tem sido relacionado à proteção contra o fogo (Alonso e Machado
33 2008; Vergílio 2015); luminosidade, ventos e seca (Roth 1981) e temperatura (Roth 1981;
34 Machado et al. 2005).

35 As abordagens ecológicas com relação à estrutura dos tecidos que compõe o caule das
36 plantas trazem a disponibilidade de água no ambiente como um fator capaz de promover
37 mudanças na anatomia dos tecidos deste órgão vegetal. De uma forma geral, para o xilema
38 secundário, em ambientes xéricos ou com seca sazonal, podemos citar elevado número de vasos
39 por mm², vasos agrupados, vasos estreitos, elementos de vasos curtos, presença de traqueides
40 vasicêntricas ou traqueides vasculares, presença de placa de perfuração escalariforme, presença
41 de espessamento helicoidal na parede dos vasos, pontoações intervasculares pequenas, maior
42 espessura da parede da fibra e raios mais largos; enquanto que em ambientes com
43 disponibilidade hídrica constante, são observados vasos mais largos e em menor número,
44 elementos de vasos longos, placa de perfuração simples (Carlquist 1966, 1985; Baas e Carlquist
45 1985; Barajas-Morales 1985; Carlquist e Hoekman 1985; Fahn et al. 1986; Mina-Rodrigues
46 1986; Lindorf 1994; Ceccantini 1996; Alves e Angyalossy-Alfonso 2000, 2002; Marcati et al.
47 2001; Wheeler et al. 2007; Bosio et al. 2010; Sonsin et al. 2012). Características anatômicas do
48 xilema secundário relacionadas a ambientes xéricos ou com seca sazonal conferem maior
49 segurança do transporte de água pois previnem a implosão dos vasos e o embolismo, evitando
50 que as vias de condução de água sejam inativadas e que ocorra redução do transporte de água
51 (Tyree e Zimmermann 2002; Sperry et al. 2006, 2008), contribuem com a recarga de água nos
52 vasos embolisados (Morris et al. 2016) e armazenam água (Borchert e Pockman 2005). Já, os
53 caracteres em ambientes méxicos estão relacionados a eficiência no transporte de água, ou seja,
54 maior capacidade de transportar maior volume de água por unidade de área, bem como facilitar
55 este transporte (Tyree e Zimmermann 2002; Sperry et al. 2008).

56 Para o floema secundário, relata-se maior proporção de tecido esclerenquimático, maior
57 comprimento da série de parênquima axial, menor comprimento dos elementos de tubo crivados
58 e maior largura dos raios em ambientes savânicos, considerados xéricos, e o oposto para as
59 florestas tropicais, ambientes méxicos (den Outer 1993), indicando a possível influência da
60 disponibilidade de água nas características do floema secundário. No entanto, as contribuições
61 fisiológicas das dimensões ou proporções dos tecidos que constituem este tecido ainda são
62 escassas.

63 Quanto ao tecido de revestimento, um ritidoma mais largo e desenvolvido contribui com
64 uma maior capacidade isolante, uma vez que é constituído por tecidos mortos e espaços
65 intercelulares preenchidos por ar, o que confere uma maior proteção à luminosidade,
66 temperatura, ventos e seca (Roth 1981).

67 Dentre os ambientes que apresentam diferenças na disponibilidade de água, podemos citar
68 tipos vegetacionais do cerrado *sensu lato* e da Mata Atlântica *sensu lato*. Assim, o cerrado *sensu*

69 *stricto* e o cerradão (tipos vegetacionais do cerrado *sensu lato*), bem como a floresta estacional
70 semidecídua (tipo vegetacional da Mata Atlântica *sensu lato*) apresentam uma sazonalidade
71 pluviométrica devido a uma estação seca durante o ano; enquanto que floresta ombrófila densa
72 (tipo vegetacional da Mata Atlântica *sensu lato*) é caracterizada por uma elevada precipitação
73 em todos os meses (Veloso et al. 1991; Ribeiro e Walter 1998; Coutinho 2002; Fernandes
74 2006).

75 Além do regime pluviométrico distinto, estes tipos vegetacionais também diferem nas
76 características físicas e químicas do solo, na estrutura da vegetação e na ocorrência de
77 queimadas naturais. Nos tipos vegetacionais do cerrado, o solo é pobre, predominantemente
78 arenoso, ácido, aluminotóxico e com baixa capacidade de retenção de água (Coutinho 2002;
79 Fernandes 2006). O cerrado *sensu stricto* apresenta vegetação formada pelo estrato herbáceo
80 quase contínuo, interrompido por arbustos e árvores em densidades variáveis e queimadas
81 naturais periódicas, sendo o fogo um de seus aspectos mais característicos e um fator ecológico
82 importante (Klink e Solbrig 1996; Durigan, Franco, et al. 2004). O cerradão é um ambiente em
83 que predominam árvores de maior porte, cujas copas formam um dossel e a incidência do fogo
84 decresce comparada ao cerrado *sensu stricto* (Coutinho 2002; Durigan, Franco, et al. 2004). Em
85 relação aos tipos vegetacionais da Mata Atlântica, os solos da floresta estacional semidecídua
86 e da floresta ombrófila densa variam conforme a sua localidade, porém, no geral, são
87 cambissolos ou latossolos, que podem variar quanto à textura, fertilidade, capacidade de
88 retenção de água e composição química (Ferreira Junior et al. 2012). Quanto a vegetação, a
89 floresta estacional semidecídua é composta por plantas decíduas, semidecíduas e perenifólias
90 (Fernandes 2006) e a floresta ombrófila densa apresenta vegetação composta principalmente
91 por árvores perenifólias, cujas copas se tocam, resultando em um aspecto fechado e denso,
92 mantido durante todo o ano (Veloso et al. 1991).

93 Assim, considerando as diferenças ambientais entre os tipos vegetacionais de cerrado
94 *sensu lato* e da Mata Atlântica *sensu lato*, principalmente no que diz respeito às diferenças no
95 regime pluviométrico, realizamos este trabalho visando à interpretação das adaptações de duas
96 espécies presentes simultaneamente no cerrado *sensu stricto*, cerradão, floresta estacional
97 semidecídua e floresta ombrófila densa. As espécies são *Moquiniastrum polymorphum* (Less.)
98 G. Sancho (Asteraceae) e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae). Temos dois principais
99 objetivos (i) verificar se há padrões anatômicos do sistema vascular e dos tecidos de
100 revestimento característicos de ambiente com restrição à água (ii) avaliar se as características
101 anatômicas do sistema vascular agrupam os indivíduos de ambiente com restrição à água.

1 Considerações Finais

2
3 Ao comparar a estrutura caulinar de *Moquiniastrum polymorphum* e *Zanthoxylum*
4 *rhoifolium* que ocorrem em quatro tipos vegetacionais que diferem quanto ao regime
5 pluviométrico anual e tipos de solo, percebemos que a variação em certas características
6 anatômicas pode ser adaptativa aos diferentes ambientes. Com relação ao sistema vascular, é
7 interessante ressaltar que os tipos celulares que variaram foram diferentes em cada espécie,
8 indicando estratégias específicas de sobrevivência nos diferentes ambientes. Em *Z. rhoifolium*,
9 o diâmetro dos vasos, a proporção de fibras e a espessura da parede das fibras parecem
10 contribuir com a segurança do transporte de água nos tipos vegetacionais onde há seca sazonal;
11 enquanto que os diâmetros de vasos e de tubos crivados e agrupamento de vasos estão
12 relacionados a eficiência do transporte do sistema vascular onde há disponibilidade hídrica
13 constante. Em *M. polymorphum*, características dos vasos, como dimorfismo e espessamento
14 helicoidal na parede; espessura da parede das fibras do xilema e raios do xilema e do floema
15 podem contribuir com a segurança do transporte de água durante os períodos de menor
16 disponibilidade de água.

17 Embora as duas espécies tenham apresentado respostas diferentes nos ambientes em
18 relação aos tipos celulares do sistema vascular, foi possível avaliar a similaridade ou diferença
19 entre estes locais, com base nas características anatômicas dos indivíduos. A similaridade foi
20 verificada entre o cerrado *sensu stricto*, cerradão e floresta estacional semidecídua, uma vez
21 que houve um agrupamento dos indivíduos destes locais, e a separação dos indivíduos destes
22 três tipos vegetacionais dos da floresta ombrófila densa, evidencia suas diferenças. Assim,
23 houve a separação do ambiente que apresenta seca sazonal do ambiente com disponibilidade
24 hídrica constante. Com isso, verificamos que as características quantitativas do sistema vascular
25 são sensíveis às variações ambientais, como o solo e o regime pluviométrico, que implicam na
26 disponibilidade de água para as plantas em cada um destes ambientes, refletindo nestas
27 diferenças anatômicas.

28 Considerando o sistema de revestimento, a largura proporcional da casca nestas duas
29 espécies parece não explicar a proteção contra o fogo que pode ocorrer no cerrado *sensu stricto*.
30 Apesar disso, em *Z. rhoifolium*, a menor proporção de periderme/ritidoma no cerrado *sensu*
31 *stricto* e no cerradão pode ser uma característica adaptativa em ambientes com seca sazonal,
32 pois por ser mais fina, pode facilitar a fotossíntese caulinar, que por sua vez, utiliza menor
33 quantidade de água para a produção de fotoassimilados, pois não há necessidade de abertura
34 estomática.

35 Por não verificamos variação nos padrões entre os ambientes, as características
36 morfológicas e anatômicas qualitativas podem ser usadas para a identificação destas espécies,
37 apresentando, portanto, valor taxonômico.

38 Interessante notar que verificamos a presença de um paralelismo entre xilema e floema
39 secundários nas duas espécies, pois valores dos comprimentos das células condutoras e das
40 fibras, bem como da dimensão dos raios foram correlacionados entre estes dois tecidos.
41 Ademais, algumas características qualitativas, como tipos de placas dos elementos condutores,
42 número de células da série do parênquima axial, constituição dos raios também evidenciaram
43 esse paralelismo. Esse padrão de semelhança das características ocorre devido a mesma origem
44 dos dois tecidos, o câmbio vascular.

45 Por fim, realizando uma análise comparativa entre as duas espécies, a amplitude de
46 variação das características quantitativas tanto do xilema quanto do floema secundários indica
47 que *M. polymorphum* é uma espécie mais conservativa em relação a *Z. rhoifolium*, isto porque
48 apresentou menor amplitude das características; enquanto que *Z. rhoifolium* é uma espécie mais
49 plástica devido a maior amplitude de variação dos dados. Apesar dessa diferença quanto a
50 plasticidade, as duas espécies seriam capazes de se adaptarem às diferentes condições
51 ambientais, e assim, conseguiriam sobreviver às possíveis mudanças climáticas que estão
52 ocorrendo em escala global.