



unesp

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



ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Tabebuia aurea*
(Bignoniaceae) E *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) QUE OCORREM
NO CERRADO E NA CAATINGA

LARISSA CHACON DÓRIA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de Concentração: Morfologia e Diversidade de Plantas.

BOTUCATU

2014



unesp

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



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

ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Tabebuia aurea*
(Bignoniaceae) E *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) QUE OCORREM
NO CERRADO E NA CAATINGA

LARISSA CHACON DÓRIA

PROF^a. DR^a. CARMEN REGINA MARCATI
ORIENTADORA

PROF. DR. RIVETE SILVA DE LIMA
COORIENTADOR

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de Concentração: Morfologia e Diversidade de Plantas.

BOTUCATU

2014

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

Dória, Larissa Chacon.

Anatomia comparada do lenho de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) que ocorrem no cerrado e na caatinga / Larissa Chacon Dória. - Botucatu, 2014

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Carmen Regina Marcati

Coorientador: Rivete Silva de Lima

Capes: 20302037

1. *Tabebuia*. 2. Rubiaceae. 3. Madeira - Anatomia. 4. Xilema. 5. Plantas dos cerrados. 6. Plantas da caatinga.

Palavras-chave: Anatomia ecológica; Anatomia estrutural; Madeira; Xeromorfismo; Xilema secundário.

A vida consiste em três categorias: uma, o conhecido; outra, o desconhecido; e a terceira, e a mais importante, o incognoscível – que não foi conhecido e que nunca será.

E esse é o centro essencial de tudo.

Osho

Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão da bolsa de mestrado, Processo N° 2012/12855-8 e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Ao Instituto de Biociências e Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu e à Universidade Federal da Paraíba pelos espaços físicos, infraestrutura e apoio recebido para a execução do trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), à Seção de Pós-graduação e todos os funcionários por serem sempre solícitos.

À minha orientadora, Prof. Dra. Carmen Regina Marcati e ao meu coorientador Prof. Dr. Rivete Silva de Lima, pela paciência, confiança, ensinamentos e, em especial, por todas as horas de conversa, preciosos conselhos e amizade. Serei sempre grata por todas as oportunidades que vocês me proporcionaram, acompanhadas de muito aprendizado.

A todos os professores da graduação da UFPB e da pós-graduação da UNESP, por todos os ensinamentos.

Ao Prof. Marco Batalha e aos amigos Diego Podadera, Danilo Silva, Adriano Valentin e Marcela Blagitz por toda a ajuda com a parte estatística.

A todos os amigos do Laboratório de Anatomia da Madeira (Fábio Bosio, Natália Totti, Caroline Caum, Rafaela Prosdocini, Paulinha Vergílio e Marcela Blagitz) por toda a recepção, amizade, ajuda (seja no suor do campo e da bancada de laboratório ou na ajuda com ideias), conversas e pelos momentos de descontração. Obrigada especial à Fábio, por toda ajuda nas horas de coleta e discussão de ideias e por ser tão companheiro, principalmente durante os finais de semana no laboratório. À nossa amada técnica e amiga Liliane Pereira por ser tão vital e ser o “socorro” de todos; obrigada por toda ajuda com os cortes e montagem de lâminas. À Matheus, meu PIBIC Jr., o qual achei que iria ensinar, mas acabei aprendendo muito mais; obrigada pela disposição em sempre me ajudar.

Aos amigos da pós-graduação em botânica, pelo companheirismo, conversas, estudos e apoio; obrigada por tornarem a pós-graduação um pouco mais leve.

Às minhas *roommates*, Fernanda Tresmondi e Liba (Sandra Minobe), por ser a minha “família” aqui em Botucatu. Obrigada por todas as conversas, cafezinhos, companhias, risadas, apoio e, principalmente, por terem me ensinado tanta coisa linda.

A Marcelo Moro pela ajuda com os mapas, estatística e pela troca de ideias sobre caatinga e pós-graduação.

Aos meus pais, Girlan e Helenita, antes de tudo, pelo amor. Por sempre apoiar e estimular a busca pelo saber, e por terem me ensinado, através do exemplo, a humildade, a honestidade e a responsabilidade – coisas tão essenciais e que não serão perdidas. Às minhas irmãs pela amizade e companhia de toda a vida, por serem exemplos e meus verdadeiros guias. A toda a minha família, pelo carinho que me recebem em cada retorno à João Pessoa, me enchendo de energia novamente; por serem o meu ponto de aconchego, referencial e apoio para tudo. A Toddy, meu cachorrinho, que me recebe sempre com muita alegria me dando a certeza que serei sempre lembrada, independente da distância.

Aos amigos de João Pessoa pela companhia de anos e que mesmo distante sempre se fazem presentes, em qualquer momento. Obrigada por colocarem tantas risadas no meu dia e pela recepção calorosa sempre que retorno, mesmo que seja uma passagem breve. Obrigada especial à Ercules Diniz que me ajudou em todas as coletas na caatinga, bem como a Maria do Céu, pela ajuda na coleta e identificação das espécies. Ao meu cunhado, Fábio Porto, por ter sido “o motorista da rodada” nas coletas da caatinga.

Obrigada à Marcones pela ajuda em campo na caatinga e a seu Clemente pela ajuda em campo no cerrado.

Ao meu professor de yoga, João Paulo, por ter me ensinado a importância da respiração para silenciar a mente e, principalmente, a importância da gratidão.

A todos que fizeram parte deste trabalho e da minha vida nesses dois anos, e que, desculpem, tenha esquecido de mencionar, muito obrigada.

Larissa Chacon Dória

Sumário

Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Revisão bibliográfica	6
1. Cerrado	6
2. Caatinga	8
3. Anatomia ecológica do xilema secundário	12
Objetivos	17
Referências bibliográficas	17
Capítulo I	29
Resumo	29
Introdução	31
Material e métodos	32
Resultados	37
<i>Tabebuia aurea</i>	37
<i>Tocoyena formosa</i>	39
Discussão	40
<i>Tabebuia aurea</i>	40
<i>Tocoyena formosa</i>	45
Comparação <i>T. aurea</i> x <i>T. formosa</i>	50
Conclusões	52
Agradecimentos	53
Referências bibliográficas	53
Tabelas	65
Figuras	71

DÓRIA, L.C. ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) E *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) QUE OCORREM NO CERRADO E NA CAATINGA. 2014. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO, BOTUCATU.

RESUMO - O cerrado e a caatinga são domínios fitogeográficos brasileiros que apresentam diferenças principalmente em relação à latitude, temperatura, disponibilidade hídrica e condições edáficas. Assim, visando identificar estratégias anatômicas, o nosso objetivo foi comparar a anatomia do lenho de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) ocorrentes no cerrado e na caatinga para testar se ocorrem diferenças anatômicas e se os indivíduos pertencentes à caatinga apresentam maior grau de xeromorfismo. Realizamos as coletas do cerrado no município de Pratânia – SP (22° 48'35'' S e 48° 39'57'' W) e as de caatinga nos municípios de São João do Cariri - PB (7° 23'27'' S e 36° 32'2'' W) e Serra Branca – PB (7° 29'14'' S e 36° 39'51'' W). Coletamos amostras do lenho de cinco indivíduos de cada espécie, em cada domínio e, pelo fato de observarmos em campo a diferença de espessura da casca de *T. aurea* nos dois domínios, comparamos a porcentagem de casca nas amostras dessa espécie. Os resultados da MANOVA mostraram que os indivíduos das duas espécies se diferenciaram pelos caracteres anatômicos, nos diferentes ambientes, com um valor p significativo. Para *T. aurea*, os indivíduos do cerrado investem em produção de tecido de proteção observado pela maior espessura da casca e em condução radial pela maior altura e largura dos raios. Na caatinga, os indivíduos investem em condução e segurança hídrica, pelo menor diâmetro tangencial dos vasos. Em relação à *T. formosa*, os caracteres xeromórficos como índice de agrupamento, frequência de vasos e índices de vulnerabilidade e mesomorfia, foram mais marcantes nos indivíduos do cerrado. Entendemos que essa resposta seja devido às condições edáficas do cerrado que apresenta solos com alto teor de alumínio, e que não esteja relacionado às condições de temperatura e precipitação.

Palavras-chave: Anatomia ecológica, anatomia estrutural, madeira, xeromorfismo, xilema secundário.

DÓRIA, L.C. **COMPARATIVE WOOD ANATOMY OF *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) and *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) THAT OCCUR IN CERRADO AND CAATINGA.** 2014. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO, BOTUCATU

ABSTRACT - The cerrado and caatinga are Brazilian phytogeographic domains which differ mainly in relation to latitude, temperature, water availability and soil conditions. Thus, in order to verify anatomical strategies, our goal was compare the wood anatomy of *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) and *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) occurring in cerrado and caatinga to test whether anatomical differences occur and whether individuals belonging to caatinga exhibit a greater degree of xeromorphism. In cerrado we collected in Pratânia municipality, São Paulo state (22 ° 48'35 " S and 48 ° 39'57 " W) and in caatinga in São João do Cariri municipality, Paraíba state (7 ° 23'27 " S and 36 ° 32'2 " W) and Serra Branca municipality, Paraíba state (7 ° 29'14 " S and 36 ° 39'51 " W). We collected wood samples from five individuals of each species in each area. We observed in the field a striking difference in bark thickness of the *T. aurea* belonging two different environments, so we collected bark samples from this species and we compared the bark percentage in these samples. The results of MANOVA showed that individuals of the two species differed by anatomical characters in different environments, showing a meaningful p value. Related to *T. aurea* individuals from cerrado invest in protective tissue observed by larger thickness of the bark and in radial conduction by greater height and width of rays. In caatinga, individuals invest in conductivity and water security observed by vessels of narrow diameter. Regarding to *T. formosa* the xeromorphic characters, like index group, vessel frequency and vulnerability and mesomorphy index were more pronounced in individuals from cerrado. We hypothesized that the soil conditions of the cerrado that shows high levels of aluminum should be more effective in this response as temperature and precipitation.

Key words: Ecological anatomy, secondary xylem, structural anatomy, wood, xeromorphism.

Introdução

O Cerrado é um domínio fitogeográfico que apresenta vegetação com formas campestres bem abertas, como os campos limpos de cerrado, até formas relativamente densas, florestais, como os cerradões (Coutinho 2002). Abrange uma área de aproximadamente 2 milhões de km², situado entre os paralelos da região equatorial do Brasil de 5° e 23° S e meridianos de 43° e 55° W. Representa cerca de 20% da superfície do Brasil, cobrindo muitos estados, principalmente aqueles da região do Planalto Central (Oliveira & Marquis 2002). O clima predominante é o tropical sazonal, de inverno seco e verão chuvoso, apresentando temperatura média anual em torno de 22-23°C, com radiação solar intensa. Em geral, a precipitação média anual fica entre 1.200 e 1.800 mm, apresentando marcada sazonalidade, com chuvas concentradas nos meses de outubro a março. De abril a setembro, os índices pluviométricos reduzem-se bastante podendo chegar à zero (Coutinho 2002). Apresenta diversidade de tipos de solos, sendo predominantemente arenosos, areno-argilosos ou, eventualmente, argilo-arenosos com baixa capacidade de retenção de água. São ácidos, com pH que pode variar entre 4 e 5. Esta acidez deve-se, em boa parte, aos níveis elevados de Al³⁺, o que os torna aluminotóxicos (Coutinho 2002).

A Caatinga tem aproximadamente 900.000 km², situada entre os paralelos 3° e 17° S e meridianos 35° e 45° W. Apresenta vegetação com grande variação florística e fisionômica que recobre grande parte do Nordeste, estando circunscrita à região do semiárido, que corresponde às áreas situadas entre as isoietas de 300 - 800 mm de precipitação média anual (Sampaio 1995; Nimer 1972). A deficiência de água durante uma grande parte do ano e a irregularidade temporal na distribuição das chuvas são os principais fatores que determinam a existência da Caatinga. Essa deficiência hídrica ocorre por combinação de elevada evapotranspiração potencial (1500-2000 mm/ano) com precipitações baixas (300-1000 mm/ano) e concentradas em 3-5 meses, caracterizando um clima marcadamente sazonal com estação seca muito longa, variando de 6-9 meses. Além disso, caracteriza-se também pela irregularidade de chuvas de um ano para o outro e pelas temperaturas médias anuais mais elevadas do Brasil, variando entre 26 e 28 °C (Queiroz 2009). Os solos são diversos podendo ser rasos, argilosos e pedregosos, ou ainda profundos e arenosos (Sampaio 1995).

A anatomia ecológica do lenho busca entender as relações ecológicas entre as características anatômicas do lenho em diferentes ambientes, com o objetivo de verificar as diferentes estratégias anatômicas, reconhecendo-se sempre tendências ecológicas do lenho (Dickison 2000). Os resultados mostram como o ambiente (variações das condições atmosféricas e disponibilidade hídrica, principalmente) pode influenciar essas tendências, sendo uma explicação para a diversidade estrutural encontrada no xilema secundário das diferentes espécies (Baas & Carlquist 1985; Barajas-Morales 1985; Carlquist 1966, 1977; Lindorf 1994; Alves & Angyalossy-Alfonso 2000, 2002).

A estrutura anatômica do lenho recebe influência da xeromorfia à medida que aumenta a aridez do ambiente (Carlquist 1966; Lindorf 1994; Lima *et al.* 2009; Moglia & Gimenez 1998). Em regiões áridas, os principais problemas enfrentados pelas plantas são as altas pressões negativas dentro dos vasos, o que aumenta o risco de embolismo e cavitação, bloqueando o sistema de condução. A presença de vasos numerosos, elementos de vasos mais curtos e pontoações intervasculares com aberturas menores, têm sido interpretada como uma estratégia no sistema condutor para aperfeiçoar o transporte de água, sendo considerados aspectos anatômicos xeromórficos (Carlquist 1966; Barajas-Morales 1985). Vasos com diâmetro maior apresentam eficiência na condução, no entanto são mais vulneráveis, ao passo que, vasos com diâmetro menor promovem segurança, pois a tensão maior dentro dos vasos estreitos ajuda a desfazer embolismos. Deste modo, a segurança mostra-se como valor adaptativo em condições xéricas e a eficiência valor adaptativo em condições métricas (Carlquist 1988; Zimmermann 1983). Em relação às variáveis qualitativas, os vasos apresentam tendência de se agrupar em ambientes mais secos, enquanto que em ambientes mais úmidos, apresentam-se solitários ou raramente agrupados (Carlquist & Hoekman 1985).

O tipo de placa de perfuração dos elementos de vasos também é uma característica que apresenta tendências ecológicas. A eliminação das barras das placas de perfuração múltipla em ambientes áridos e em regiões tropicais quentes com altas taxas de transpiração pode ser explicada pelo fato da planta requerer taxas altas de condução, para quais as placas simples são adaptadas (Wheeler & Baas 1991).

A taxa de abundância/escassez de parênquima axial foi demonstrada por Baas (1973) em *Ilex* sp. que encontrou correlação com a latitude. Espécies de regiões temperadas (altas latitudes)

apresentam parênquima difuso e escasso, enquanto que espécies de regiões subtropicais e tropicais (baixas latitudes) apresentam maior quantidade de parênquima axial, o qual tanto é difuso como difuso em agregados. No Brasil, Alves & Angyalossy-Alfonso (2002), relataram tendência da presença de parênquima paratraqueal associado com baixas latitudes, e o parênquima apotraqueal a altas latitudes, refletindo o gradiente tropical-temperado no território brasileiro.

Carlquist (1977) desenvolveu dois importantes índices que explicam a relação entre os vasos e o ambiente: o índice de vulnerabilidade e o de mesomorfia. O índice de vulnerabilidade consiste em uma equação do diâmetro do vaso pela frequência de vasos e é uma medida de susceptibilidade a altas pressões negativas. Valores abaixo de 1.0 indicam que a espécie estudada apresenta segurança no transporte hídrico. O índice de mesomorfia tem como função indicar se a estrutura anatômica da madeira apresenta é adaptada para condições xéricas ou não, e consiste no produto do índice de vulnerabilidade pelo comprimento dos elementos de vaso. Valores acima de 200 indicam plantas mesomórficas. Neste estudo, o autor encontrou que os índices de vulnerabilidade e mesomorfia das floras da Austrália demonstram uma sequência de aumento na xeromorfia que vai da floresta de sub-bosque, encostas graníticas no litoral, pântanos, brejos, campos arenosos até desertos.

Tendo em vista as diferenças ambientais entre a caatinga e o cerrado, principalmente em relação à disponibilidade hídrica, à temperatura e à latitude, a nossa hipótese é que os indivíduos pertencentes aos dois domínios apresentem diferenças em relação à anatomia do lenho e que os indivíduos pertencentes à caatinga apresentem características xeromórficas mais marcantes que os indivíduos pertencentes ao cerrado.

Revisão Bibliográfica

1. Cerrado

O cerrado é um domínio fitogeográfico brasileiro situado entre 5° e 20° de latitude sul e de 45° a 60° de latitude oeste, com a maior parte localizada no Planalto Central do Brasil. Seus 2 milhões de km² abrangem os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal (Silva *et al.* 2008). É a segunda maior formação fitogeográfica do país em área, superado apenas pela Floresta Amazônica (Ratter *et al.* 1997) e abrange 20 a 25% do território nacional (Joly 1970). Possui uma alta diversidade de espécies animais e vegetais, sendo a flora contabilizada em mais de 12.000 espécies (Mendonça *et al.* 2008) das quais 4.000 são consideradas endêmicas (Myers *et al.* 2000).

A falta de uniformidade no emprego do termo Cerrado torna confuso o uso de sua terminologia e conceituação. Podemos citar alguns empregos diferentes para o termo, como por exemplo, Rizzini (1970) comenta que “por cerrado entende-se a forma brasileira da formação geral chamada *savana*, cujo similar mais perfeito é a forma africana”. Segundo Eiten (1972), “cerrado é a designação geral dos tipos de vegetação predominantes na região do Planalto Central brasileiro”. Ainda segundo Eiten (1972) as matas ciliares, campos rupestres, campos úmidos, que ocorrem na região de domínio dos cerrados são consideradas como parte do mesmo. O autor julgou o Cerrado (*sensu lato*) um tipo florístico único, de caráter individual, sugerindo que fosse colocado no mesmo nível de formações principais como a Floresta Tropical ou o Deserto. Oliveira-Filho & Ratter (2002) comentam que a vegetação típica do cerrado consiste de savana de estruturas variáveis. Segundo Durigan *et al.* (2004), o cerrado pode ser considerado uma savana apenas do ponto de vista fisionômico, já que sua flora é completamente diferente daquela encontrada em outras áreas de savana.

Uma excelente discussão sobre o conceito de cerrado foi desenvolvido no estudo de Coutinho (1978) que fez um apanhado do uso dos termos ao longo da história. Em seguida, defendeu seu ponto de vista ecológico, retomando-o também no seu estudo de 2006, sendo esse seu ponto de vista um dos mais utilizados por diferentes autores, e é o conceito que seguimos no nosso estudo. Segundo Coutinho (1978, 2006) tem-se cinco formas de Cerrado no sentido amplo (*sensu lato*), que vão desde o campo limpo (formação campestre) até o cerradão (formação

florestal), representando suas formações savânicas intermediárias (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) que são verdadeiros ecótonos de vegetação entre as duas primeiras formações. Para esse autor, o Cerrado seria, portanto, um complexo de biomas, distribuídos em mosaico. Esse mosaico é determinado pelo mosaico de manchas de solo mais pobres ou menos pobres, bem como pela irregularidade dos regimes e características das queimadas de cada local (frequência, época, intensidade). Assim, embora o Cerrado distribua-se predominantemente em áreas de clima tropical sazonal, os fatores que aí limitam a vegetação são outros: a fertilidade do solo e o fogo (Coutinho 2002). Eiten (1972) e Ribeiro e Walter (1998) comentaram que além do clima influenciariam na distribuição da flora no cerrado alguns efeitos edáficos (química e física do solo, disponibilidade de água e nutrientes), a geomorfologia, a topografia, a latitude, a frequência das queimadas, a profundidade do lençol freático, o pastejo e inúmeros fatores antrópicos.

Como já apontados por autores como Coutinho (1978), a pluviosidade não pode explicar inteiramente a predominância da vegetação de Cerrado, pois as condições climáticas dessa região são as mesmas que estabelecem florestas na maior parte da região de Cerrado. Segundo Oliveira & Marquis (2002), os fatores que determinam a distribuição da vegetação de Cerrado tem sido objeto de controvérsias, mas o que geralmente são considerados como fatores determinantes são a precipitação, a fertilidade do solo e o regime de queimadas. Os autores comentam ainda que a fertilidade do solo e a umidade são fatores importantes a serem considerados na distribuição da vegetação de cerrado. As variações edáficas, são, portanto, frequentemente apontadas como responsáveis pela ocorrência de Cerrado ou Floresta Estacional, sendo o teor de nutrientes dos solos considerado como um dos fatores mais importantes para a determinação da vegetação (Borgonovi & Chiarini 1965). Oliveira & Marquis (2002) em seu estudo, mostram uma tabela com as principais fitofisionomias de Cerrado e as suas associações com os níveis de fertilidade no solo e a disponibilidade de água no lençol freático. Observamos pela tabela que há um gradiente de fertilidade do solo e aumento da disponibilidade de água no lençol freático do Campo Limpo para Floresta Estacional Semidecidual ou Florestas Sempre Verdes.

O Cerrado caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen (tropical úmido) e, ao sul do bioma, pode ocorrer o clima Cwa (temperado quente), o qual também caracteriza os locais mais altos da região central, acima de

1200 m de altitude (Eiten 1994). Possui média anual de precipitação da ordem de 1.500 mm, variando de 400 mm na estação seca (nos meses de maio a outubro) a 2.200 mm na estação chuvosa (nos meses de setembro a abril) (Silva *et al.* 2008). O sistema de corrente de ar conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul é um dos principais fenômenos que determinam o regime de chuva em grande parte do Cerrado. Essa massa de ar move-se do oceano, na direção leste para oeste trazendo grande quantidade de umidade (Nimer 1989). A massa Polar Atlântica favorece a ocorrência de estiagem durante o inverno e de episódios de chuvas frontais durante o período primavera-verão. A ação conjunta desses sistemas durante o ano confere ao Cerrado características climáticas peculiares, pois a região apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a março) e outra seca, marcada pela deficiência hídrica (abril a setembro) (Nimer 1989).

Nas latitudes médias (zonas temperadas), embora existam duas estações (uma de chuvas mais abundantes e outra com seca ou pouco chuvosa), o que mais define seu clima é a variação de temperatura durante o ano. Pela posição latitudinal da região Sudeste (cortada pelo trópico) e em relação aos sistemas de circulação atmosférica, a distinção entre as temperaturas máximas diárias registradas no verão e as mínimas no inverno é um fator climático que não se deve desprezar (Nimer 1989). Além disso, as diferentes altitudes, contrastantes entre as superfícies mais baixas inferiores a 300 m, às chapadas entre 900 m e 1.600m e a extensa distribuição em latitude conferem ao cerrado uma diversificação térmica grande (Silva *et al.* 2008). Por outro lado, o mecanismo atmosférico geral determina uma estacionalidade na precipitação que é semelhante em toda a região, criando uma tendência de uniformidade pluviométrica: há uma estação seca e uma chuvosa bem definida (Nimer 1989).

Os tipos de solo também são bastante diversos, sendo que predominam nas áreas de Cerrado os Latossolos, Neossolos Quartzênicos e Argissolos. De uma maneira geral, os solos do bioma são profundos, permeáveis, bem drenados, ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica, baixa soma de bases e alta concentração por alumínio (Coutinho 2002).

2. Caatinga

O termo caatinga é de origem indígena (*caa* = mata; *tinga* = branca, clara, aberta) e engloba um grande número de formações e associações vegetais, fisionômica e floristicamente

diferentes (Egler 1951). O termo frequentemente é usado para designar a região geográfica no Nordeste do Brasil e isto tem gerado algumas confusões (Castellanos 1960), pois este conceito exclui áreas que, apesar de floristicamente serem parte da vegetação de caatinga, não são consideradas dentro da região Nordeste, como o vale seco do rio Jequitinhonha em Minas Gerais (Sampaio 1995). Embora no Nordeste brasileiro grande parte da caatinga seja encontrada em depressões interplanálticas (Ab'Saber 1974), a suposição de que sua vegetação ocorre apenas nessas depressões não é correta, pois o conceito de caatinga inclui áreas de planalto tais como a Chapada do Araripe ou outras áreas com florestas úmidas chamadas popularmente de “brejos de altitude” (Prado 2003).

A área da caatinga nordestina corresponde a mais de 800.000 km² e se estende de 2° 54' S até 17° 2' S, o que corresponde a cerca de 10% do território nacional. Inclui os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia e uma faixa em Minas Gerais que segue o rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha. A ilha de Fernando de Noronha também deve ser incluída (Rizzini 1963; Ab'Sáber 1974). É o único domínio fitogeográfico cujos limites estão restritos ao território brasileiro, sendo proporcionalmente o menos estudado com o esforço científico concentrado em poucos pontos nas principais cidades da região (Prado 2003).

Estudos como o de Andrade-Lima (1981) classificou diferentes tipos de caatinga com base em dados fisionômicos e florísticos, o que chamou a atenção para a riqueza da flora deste domínio, que ainda era pouco estudado. Estudos mais recentes que realizaram levantamentos florísticos como Prado (1991), Harley (1996), e Giuliatti *et al.* (2002), mostraram o alto índice de espécies arbóreas e herbáceas endêmicas, com o último mencionado, listando 18 gêneros e 318 espécies endêmicas, distribuídas em 42 famílias. Dessa forma, a caatinga é tida como um domínio fitogeográfico exclusivamente brasileiro, composto por um conjunto de plantas que se distinguem dos demais domínios, apresentando diversidade de espécies vegetais com exemplos de adaptações aos habitats com deficiência hídrica.

Internacionalmente, a caatinga tem sido incluída como uma das florestas ou matas secas tropicais decíduas (Sampaio 1995; Oliveira-Filho *et al.* 2006). Na classificação brasileira (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2012), é uma savana estépica, o que a colocaria

junto aos cerrados e outras vegetações abertas. De maneiras bem divergentes, autores vêm tentando subdividir a caatinga nordestina, no entanto, não é fácil apresentar uma subdivisão lógica que seja coerente com o que é observado na formação vegetal, pois essas variam muito conforme a área estudada (Rizzini 1997). Essa região florística apresenta trechos sub-úmidos do “agreste florestal estacional” até o território árido interiorano da Savana Estépica (caatinga do sertão árido) (Veloso *et al.* 1991).

Andrade-Lima (2007) considera que a caatinga deve ser simplesmente dividida em agreste e sertão, que é a região leste de transição de um lado e os interiores secos do outro. Essa subdivisão é seguida pelo mesmo autor (Andrade-Lima 1960 e 1970) e são terminologias costumeiramente utilizadas para subdividir a caatinga, a qual utilizamos para embasar nosso estudo. O agreste é o nome dado à faixa estreita de vegetação que se estende entre os limites da serra do Mar a leste, onde as florestas são abundantes, e os interiores mais secos a oeste, apresentando uma vegetação mais alta e densa. Apresenta um regime de chuvas mais abundante (até 1000 mm/ano) e é menos sujeito às secas catastróficas. Assim, o agreste deve ser considerado como parte da caatinga, como uma variante hipoxerófila das comunidades encontradas a oeste (Prado 2003). O sertão é a caatinga propriamente dita, e é bem maior que o agreste sendo pontilhado por serras e chapadões. Apresenta precipitações pluviométricas mais irregulares, contrastando entre secas prolongadas e chuvas torrenciais em alguns anos (Andrade-Lima 2007). O tipo de vegetação que aí se instala é a “savanícola”, com predominância de plantas espinhosas decíduais, que embora esteja dentro do espaço intertropical sul, apresenta uma florística homóloga das áreas estépicas dos climas temperados pré-andinos da Argentina e Bolívia (Veloso *et al.* 1991).

O trabalho que tem se mantido praticamente sem alterações é o de Andrade-Lima (1981), que organizou uma classificação da caatinga a partir de concepções florísticas e fisionômicas. O autor comenta que o fator básico para interpretar a fisionomia da vegetação nordestina é o clima, essencialmente a precipitação, e os fatores geopedológicos. Como produto de sua classificação, reconhecem-se seis unidades vegetacionais para o domínio da caatinga, cada uma com um ou vários tipos vegetacionais, totalizando 12 tipos. A unidade I representa uma floresta alta de caatinga, que tem como maior área de distribuição o norte de Minas Gerais e centro-sul da Bahia. São áreas com maior disponibilidade hídrica dentro do domínio, apresentando só um tipo

vegetacional. A unidade II apresenta quatro tipos vegetacionais variando de floresta de caatinga média a baixa e uma caatinga arbórea aberta. A unidade III constitui uma floresta baixa de caatinga que ocorre em solos arenosos profundos. A unidade IV apresenta quatro unidades vegetacionais predominantemente de porte baixo, muitas vezes de baixa densidade e pobres em espécies arbustivo-arbóreas e carece quase totalmente de áreas protegidas, sendo um espaço típico de caatinga. A unidade V apresenta uma unidade vegetacional e representa um tipo de caatinga arbustiva espalhada em pequenas manchas em todo semiárido e solos pedregosos ou rasos e arenosos. A unidade VI apresenta um unidade vegetacional representada por uma floresta ciliar de caatinga que ocorre nos principais rios do semiárido em áreas com solos aluviais.

A climatologia da região Nordeste é uma das mais complexas do mundo, decorrendo fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação de ar (Nimer 1968). É o domínio de clima mais seco do Brasil e as interações, principalmente entre relevo, latitude e longitude (continental e costeira) com os sistemas zonais e regionais de circulação atmosférica, não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas sim em diferentes regimes de pluviosidade (Nimer 1989).

A região Nordeste do Brasil constitui-se num “ponto final” de quatro sistemas de correntes atmosféricas cuja passagem é acompanhada de instabilidade e chuvas (Nimer 1972). Dos quatro sistemas, Convergência Intertropical (CIT) - local onde ocorre o encontro dos ventos Alísios de ambos os hemisférios, posicionando-se quase que paralelo ao Equador, a cerca de 10° N (Fernandes 1999), é a mais importante, pois junto com a massa úmida Equatorial-Continental (originada na Amazônia) é responsável pelas estações chuvosas ou pelas secas catastróficas (quando a massa úmida não alcança a região) (Nimer 1972).

Os baixos índices pluviométricos, a irregularidade de chuvas e as altas temperaturas são as principais razões para o tipo de clima que predomina na caatinga. As chuvas variam desde 259 mm/ano na região de Cabaceiras, Paraíba, até cerca de 1000 mm/ano no sul da Bahia e norte de Minas Gerais (Andrade-Lima 1981). Contudo, não é a quantidade total de chuva anual que mais importa, mas sim a distribuição anual e o desvio da moda. Quase toda a área da caatinga apresenta uma concentração de 50% a 70% de chuva em três meses consecutivos, constituindo um clima sazonal muito forte, além de ser extremamente irregular de ano a ano, com a média de desvio anual (expressa como percentagem) de 20% a mais de 50%. Nenhuma outra região

brasileira acusa desvios tão significativos, sendo bem maiores na área do polígono das secas, chegando a alcançar índices superiores a 50%, o que significa um dos mais expressivos do mundo (Nimer 1972).

Durante o período seco, a média mensal de temperatura fica em torno de 26 - 27°C com uma variação notável entre dia e noite. Durante a estação chuvosa a média de temperatura é um pouco menor (Nimer 1972). A caatinga está submetida ao efeito de massas de ar secas e estáveis (Prado 2003), já que as massas de ar Atlântico-Equatoriais são precipitadas na região litorânea, com predomínio da Mata Atlântica. Apenas quando essa massa úmida encontra algumas das poucas elevações resultantes do processo de pediplanação que ocorrem os brejos, como ilhas de vegetação úmida dentro da região de semiárido, com temperatura anual entre 20-22°C (Andrade-Lima 1964a; Andrade & Lins 1964).

A origem geomorfológica e geológica da caatinga têm resultado em vários mosaicos de solos complexos com características variadas mesmo dentro de pequenas distâncias (Sampaio 1995). Os solos argilosos são do tipo grumossolo ou vertissolo, que são muito comuns ao longo dos pediplanos na caatinga. Entissolos e latossolos são muito abundantes e talvez a classe mais comum seja a dos marrons sem cálcio, variando de Vértricos com características intermedirárias a vertissolos (Figueiredo-Gomes 1981), com um horizonte B textural e pedras e pedregulhos característicos na superfície. Afloramentos extensivos de rochas são regionalmente chamados de “lajedos”, que atuam ecologicamente como meios desérticos e como locais onde apenas plantas suculentas são encontradas (Prado 2003).

3. Anatomia ecológica do xilema secundário

A estrutura anatômica do xilema secundário é composta por diferentes tipos de células (vasos, fibras, parênquima axial e radial), as quais se originam do câmbio vascular (Plomion *et al.* 2001). Durante a sua formação, essas células recebem efeitos de fatores genéticos, além das condições ecológicas do local que a planta se desenvolve. A diversidade estrutural encontrada no xilema secundário das plantas tem uma explicação funcional e adaptativa, podendo estar diretamente relacionada ao hábito da planta, bem como às variações nas condições atmosféricas, à disponibilidade de nutrientes no solo e à relação entre segurança e eficiência na condução hídrica (Baas 1973; Alves & Angyalossy-Alfonso 2000, 2002; Lens *et al.* 2004).

As pesquisas inovadoras de Martin H. Zimmermann (1978, 1983) e dos anatomistas de plantas Sherwin Carlquist (1966, 1975, 1977) e Pieter Baas (1973, 1982) levaram os estudos em anatomia ecológica, os quais historicamente tinham como foco principal o estudo das folhas, a uma visão da influência das variáveis climáticas na estrutura do xilema secundário (Dickison 2000).

Dentre muitos estudos na área de anatomia ecológica da madeira, merecem destaque os estudos desenvolvidos por Carlquist, como o seu amplo trabalho *Ecological Strategies of Xylem Evolution* (1975). O autor reúne informações de diversos trabalhos discutindo a evolução dos constituintes do lenho nos diferentes grupos vegetais e a influência do ambiente sobre o processo evolutivo. Posteriormente, o autor publicou outro trabalho de referência, sendo uma compilação de diversos estudos focando nas mudanças que ocorreram nas últimas décadas nos estudos de anatomia da madeira, intitulado *Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood* (1988), com reedição em 2001.

Além dos trabalhos realizados por Carlquist, outros trabalhos de renome na área de anatomia ecológica da madeira foram os realizados por Pieter Baas (Baas 1976; Baas *et al.* 1983; Baas & Scweingruber 1987; Baas & Carlquist 1985; Wheeler & Baas 1991). Os dois primeiros trabalhos citados foram pioneiros nesta linha de pesquisa com os resultados mostrando uma maior variação nos caracteres quantitativos relacionados aos vasos como uma resposta às adaptações ecológicas. Além desses, o autor foi editor de um livro *New Perspectives in Wood Anatomy* (1982) com uma compilação dos trabalhos realizados com anatomia da madeira apresentados durante o 13º Congresso Internacional de Botânica (Agosto 1981), com adição de outros trabalhos, sendo também uma obra de referência.

Carlquist (1977) denomina duas linhas de abordagens no que diz respeito aos estudos de anatomia ecológica: a florística e a sistemática. A primeira analisa floras de uma ou mais áreas, visando o reconhecimento de caracteres anatômicos comuns a uma dada formação vegetal, independente dos grupos taxonômicos analisados. A segunda estuda grupos taxonômicos próximos que englobam representantes de grande amplitude ecológica, o que exclui, ou minimiza a interferência das diferenças entre famílias botânicas.

Os estudos com abordagem florística iniciaram-se com Kanehira (1921 *apud* Baas 1982) e Webber (1936) que encontraram características anatômicas comuns às diversas espécies das

floras que estudaram e tentaram associá-las ao clima dos locais de procedência. Após esses estudos, vários outros trabalhos foram desenvolvidos com esse enfoque florístico sempre comparando resultados com as floras de outras formações e estabelecendo tendências ecológicas e evolutivas da madeira, comuns aos diferentes ambientes. Graff & Baas (1974) fizeram análise de várias espécies arbóreas com relação à latitude e altitude; Baas & Carlquist (1985), Carlquist (1985), Carlquist & Hoekman (1985) Barajas-Morales (1985) Fahn *et al.* (1986); Baas & Schweingruber (1987) e Lindorf (1994) analisaram floras de diversas partes do mundo (América, Europa e Àsia), considerando principalmente o fator disponibilidade hídrica, pois as regiões de estudo eram, em sua maioria, de clima árido ou semiárido, estabelecendo, deste modo, as principais tendências anátomo-ecológicas, principalmente aquelas relacionadas à xeromorfia.

Os estudos com abordagem sistemática focam-se em analisar a estrutura anatômica do lenho de plantas pertencentes a grupos taxonômicos relacionados, associando os resultados com os fatores ambientais. Um dos primeiros trabalhos nessa área foi o de Carlquist (1966) que analisou a anatomia do lenho de Compositae em relação à latitude, umidade e hábito das plantas. Os trabalhos posteriores mais citados são, por exemplo, o extenso trabalho de Baas *et al.* (1988) com Oleaceae que analisou 137 espécies da família mostrando hipóteses sobre a segurança e a eficiência na condutividade hídrica, um cladograma o qual ele utilizou as tendências ecológicas mostrando hipóteses evolutivas, além de chaves dicotômicas de identificação com caracteres da anatomia da madeira. Zhong *et al.* (1992) estudaram árvores e arbustos de Ulmaceae na China; Baas (1973) analisaram o lenho de 81 espécies de *Ilex* (Aquifoliaceae), mostrando importante correlações com a latitude e o de Oever *et al.* (1981) que analisaram 31 espécies de Symplocos (Symplocaceae), oriundas de latitudes e altitudes diferentes.

No Brasil, os estudos realizados com anatomia comparada do xilema secundário, seguindo as duas linhas acima descritas, também demonstram respostas desse tecido às diferentes condições ambientais. Um estudo de referência foi o de Alves-Angyalossy-Alfonso (2000, 2002) que realizou uma análise ampla quanto às variações anatômicas das espécies brasileiras nas cinco regiões brasileiras, verificando tendências para variáveis qualitativas como arranjo e agrupamento de vasos e camadas de crescimento. Os demais estudos, realizados em diferentes formações fitogeográficas brasileiras, como Cerrado, Floresta Mesófila Semidecídua, Cerradão, Mata Atlântica, Caatinga, Floresta de Galeria, dentre outras, encontraram uma ampla variedade de

tendências na anatomia do xilema secundário. As tendências estão relacionadas, principalmente ao diâmetro tangencial dos vasos, diâmetro das pontoações intervasculares e radio-vasculares e altura e largura dos raios, além de encontrarem relações de segurança e eficiência na condução hídrica quando compararam ambientes com diferente disponibilidade hídrica (Marcati *et al.* 2001; Bosio *et al.* 2010; Sonsin *et al.* 2012). Outros estudos não comparam diferentes áreas, mas, em uma mesma formação vegetal mostram a presença de um padrão comum entre as espécies estudadas, como o estudo de Barros *et al.* (2006). O trabalho de Lima *et al.* (2009) que compararam a anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* ocorrente em área de caatinga no Nordeste brasileiro e de floresta tropical semidecidual do Sul do Brasil, encontraram tendências relacionadas à presença de cristais nas células parenquimáticas (maior presença nos indivíduos da caatinga) e verificaram, ainda, que algumas estratégias adaptativas esperadas para esses dois ambientes não foram seguidas.

Baas (1982) comenta que as modificações observadas nas características anatômicas são respostas de ajuste ao estresse hídrico e fisiológico, pois eles são responsáveis por manter a sobrevivência da espécie. Sendo assim, observa-se a importância da disponibilidade de água e da arquitetura hidráulica da madeira na distribuição das espécies e na eficiência do uso da água nos períodos secos (Pockman & Sperry 2000). Portanto, a estrutura anatômica do lenho é um importante indicador ecológico de adaptação das plantas e boa parte dos estudos ecológicos comparativos foram realizados em áreas que apresentam um marcado estresse hídrico (ver Carlquist 1966; Baas & Carlquist 1985; Carlquist 1985; Carlquist & Hoekman 1985; Barajas-Morales 1985; Lindorf 1994; Marcati *et al.* 2001; Lima *et al.* 2009; Sonsin *et al.* 2012). Esses trabalhos estabeleceram tendências gerais da estrutura do xilema secundário mostrando que a estrutura anatômica da madeira recebe influência da xeromorfia à medida que aumenta a aridez do ambiente. As características de xeromorfismo são indicadas, por exemplo, pela presença de alta frequência de vasos, elementos de vasos mais estreitos e curtos, tipo de placa de perfuração, presença de traqueídes vasicêntricas ou vasculares, ocorrência de espessamento espiralado nas paredes dos elementos de vaso, maior espessura da parede da fibra pontoações intervasculares pequenas e presença de camadas de crescimento bem definidas (Carlquist 1985; Carlquist & Hoekman 1985).

Apesar da maior parte dos trabalhos com anatomia ecológica da madeira ser realizado em áreas que apresentam diferenças na disponibilidade hídrica, despontando tendências ecológicas relacionadas à xeromorfia, alguns trabalhos são desenvolvidos em ambientes que apresentam diferenças latitudinais ou diferenças edáficas. Dentre esses trabalhos, podemos citar os desenvolvidos por Oever *et al.* (1981) e Graff & Baas (1974) que analisaram plantas de diferentes latitudes, ambos encontrando tendências em relação à ambientes com baixa latitude e alta latitude. Melo Junior *et al.* (2011) e Villagra & Roig-Juñent (1997) estudaram o lenho de espécies em diferentes condições edáficas no Brasil e na Argentina, respectivamente. Podemos citar ainda o trabalho desenvolvido por Luchi (2004) estudou o lenho de espécies crescendo em solos com diferentes níveis de umidade. Esses últimos trabalhos mostraram que as plantas investem a sua anatomia do lenho em alta tolerância ao estresse hídrico nas espécies que ocorrem em solos mais arenosos do que em solos com maior suprimento hídrico (Villagra & Roig-Juñent 1997), bem como encontraram um maior investimento em tolerância ao estresse hídrico em espécies que vivem em condições estressantes de solo alagado (Luchi 2004).

Os estudos realizados com anatomia do lenho em espécies de cerrado iniciaram-se com trabalhos descritivos (Paviani 1978; Pinho *et al.* 1992) e com anatomia comparada de partes diferentes da planta (Machado *et al.* 1997). Temos ainda estudos que compararam a anatomia do lenho de espécies ocorrentes em áreas cerrado *s.l.* com outras formações (Marcati *et al.* 2001; Luchi *et al.* 2005) e aqueles que focaram no cerrado *s.s.* e outras formações florestais (Mina-Rodrigues 1986; Ceccantini 1996; Sonsin *et al.* 2012). Esses estudos relataram características anatômicas xeromórficas para espécies do cerrado quando comparadas com as outras formações estudadas (Mata Mesófila, Floresta Mesófila e Mata de Galeria) indicando uma adaptação para garantir maior eficiência do fluxo hídrico. Já os estudos realizados em anatomia do lenho com espécies da caatinga são mais escassos (Silva *et al.* 2009; Lima *et al.* 2009; Silva *et al.* 2011; Leme & Gasson 2012). Desses, apenas o estudo de Lima *et al.* 2009 realizou anatomia comparada do lenho de uma espécie ocorrente na caatinga com Floresta Estacional, encontrando diferenças anatômicas entre as procedências e presença de alguns caracteres xeromórficos nos indivíduos da caatinga.

Tendo em vista esses trabalhos acima citados, observa-se a importância de realizarmos estudos de anatomia comparada do lenho de espécies ocorrentes no cerrado e na caatinga, pois

não encontramos trabalho na literatura que compararam espécies que ocorrem nos dois ambientes. Ambos são domínios fitogeográficos brasileiros ainda pouco estudados, que apresentam sazonalidade marcante e que, segundo a literatura, ambos possuem espécies com características xeromórficas.

Objetivos

Visando identificar estratégias adaptativas do xilema secundário de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae), ocorrentes em área de cerrado e de caatinga, o nosso objetivo foi responder às seguintes perguntas:

- (1) os indivíduos pertencentes aos dois domínios fitogeográficos, diferem em relação à anatomia do lenho?
- (2) os indivíduos ocorrentes na caatinga apresentam características xeromórficas mais marcantes que os indivíduos do cerrado, refletindo em uma maior segurança na condução hídrica?

Referências Bibliográficas

- Ab'Sáber, A.N. 1974. O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43: 1--39.
- Alves, E.S. & V. Angyalossy-Alfonso. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal*. 21: 3--30.
- Alves, E.S. & V. Angyalossy-Alfonso. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Axial parenchyma, rays and fibres. *IAWA Journal*. 23: 391--418.

- Andrade, G.O. & R.C. Lins. 1964. Introdução ao estudo dos “brejos” pernambucanos. *Arquivos do Instituto de Ciências da Terra* 2: 21--34.
- Andrade-Lima, D. 1960. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Arquivos do Instituto de Pesquisas Agronômicas* 5: 305--341.
- Andrade-Lima, D. 1964. Esboço fitoecológico de alguns “brejos” de Pernambuco. *Boletim Técnico, Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco* 8: 3--10.
- Andrade-Lima, D. 1970. Recursos vegetais de Pernambuco. *Cadernos do Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, Série 1 - Agricultura*, 1: 43--54.
- Andrade-Lima, D. 1981. The Caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4: 149--163.
- Andrade-Lima, D. 2007. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*. 4:243--274.
- Baas, P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea*. 21: 193--258.
- Baas, P. 1976. Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology. *Leiden Botanical Series* 3: 157--181.
- Baas, P. 1982. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy History and perspectives. In *New perspectives in wood anatomy*. Baas, P. (ed.) The Hague Martinus Nijhof Publishers. 23--58.
- Baas, P., E. Werker & A. Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bulletin n.s.* 4: 141--159.

- Baas, P. & S. Carlquist. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. *IAWA Journal*. 6: 349--353.
- Baas, P. & H. Schweingruber. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. *IAWA Bulletin n.s.* 8: 245--274.
- Baas, P., P.M. Esser & M.E.T. van der Wester. 1988. Wood anatomy of the Oleaceae. *IAWA Bulletin n.s.* 9: 103-182.
- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin n. s.* 6: 355-364.
- Barros, C.F., M.L. Marcon-Ferreira, C.H. Callado, H.R.P. Lima, M. Cunha, O. Marquete & C.G. Costa. 2006. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*. 57: 443--460.
- Borgonovi, M. & J.V. Chiarini. 1965. Cobertura vegetal do estado de São Paulo. 1 – Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com cerrado, cerradão e campo, em 1962. *Bragantia – Boletim Científico do Instituto do Estado de São Paulo*. 24: 159--172.
- Bosio, F., P. Soffiatti & M.R.T. Boeger. 2010. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. *IAWA Journal*, 31: 179--190.
- Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso*. 6: 25--44.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies in xylem evolution. University of California Press. Los Angeles.

- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution, a floristic approach. *American Journal of Botany*. 6: 887--896.
- Carlquist, S. 1985. Vasicentric tracheids as a drought survival mechanism in the woody flora of southern California and similar regions; review of vasicentric tracheids. *Aliso*. 11: 37--68.
- Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of Dicotyledon Wood. 1 Ed. Springer. Santa Barbara.
- Carlquist, S. 2001. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of Dicotyledon Wood. 2 Ed. Springer. Santa Barbara.
- Carlquist, S., D.A. Hoekman 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. *IAWA Bulletin*. 6: 319--347.
- Castellanos, A. 1960. Introdução à Geobotânica. *Revista Brasileira de Geografia* 22: 585--617.
- Ceccantini, G. 1996. Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*. 1: 17--23.
- Coutinho, L.M. 2002. O bioma do cerrado. *In*: Klein, A.L. (Org.). Eugen Warming e o cerrado brasileiro: 77--92. UNESP. Imprensa Oficial do Estado. São Paulo.
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botânica Brasílica*. 20: 13--23.
- Dickison, W.C. 2000. Integrative plant anatomy. Academic press. San Diego.
- Durigan, G., G.A.D.C. Franco & M.F. Siqueira. 2004. A vegetação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo. *In*: Bitencourt, M.D. & R.R. Mendonça (orgs.). Viabilidade de

- conservação dos remanescentes de cerrado no Estado de São Paulo: 29—56. Annablume. FAPESP. São Paulo.
- Egler, W. A. 1951. Contribuição ao estudo da caatinga pernambucana. *Revista Brasileira de Geografia*. 4: 577--590.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*. 38: 201--341.
- Eiten, G. 1994. Vegetação do cerrado. *In*: Pinto, M.N. (org.). Cerrado - caracterização, ocupação e perspectivas: 17—73. Editora da Universidade de Brasília, Brasília.
- Fahn, A., E. Werker & P. Baas. 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Fernandes, A. 1999. Província das Caatingas ou Nordestina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 71: 299--310.
- Figueiredo-Gomes, M. A. 1981. Padrões de caatinga nos Cariris Velhos, Paraíba. Tese de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Giulietti, A.M., R.M. Harley, L.P. Queiroz, M.R.V. Barbosa, A.L. Bocage Neta & M.A. Figueiredo. 2002. Plantas endêmicas da caatinga. *In*: Sampaio, E.V.S.B., A.M. Giulietti, J. Virgínio & C.F.L. Gamarra-Rojas (eds.). *Vegetação e flora das caatingas*: 103--115. APNE / CNIP, Recife.
- Graaf, N.A. van der & P. Baas. 1974. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. *Blumea* 2: 101--121.
- Harley, R.M. 1996. Examples of endemism and phytogeographical elements in the caatinga flora. *In* *Anais da Reunião Especial da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*: 219--227. Feira de Santana.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2012. Manuais Técnicos em Biociências. N 1. Manual Técnico da vegetação Brasileira. 2 Ed, Rio de Janeiro.
- Joly, A. B. 1970. Conheça a vegetação brasileira. Ed. Polígono. São Paulo.
- Leme, C.L.D. & P. Gasson. Anatomical comparison of original and regrowth wood from coppiced and pollarded *Poincianella pyramidalis* trees in the caatinga of Pernambuco, Brazil. IAWA Journal. 33: 63--72.
- Lens F., J.L. Luteyn, E. Smets, S. Jansen. 2004. Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (*Ericaceae* s.l.). *Flora* 199: 309--319.
- Lima, R.S., P.L. Oliveira & L.R. Rodrigues. 2009. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. *Revista Brasileira de Botânica*. 32: 361--374.
- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. IAWA Journal, Leuven. 15: 361--376.
- Luchi, A.E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. *Revista Brasileira de Botânica*. 27: 271--280.
- Luchi A.E., L.C.P. Silva & M.A. Moraes. 2005. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. *Revista Brasileira de Botânica*. 28: 809--820.
- Machado, S.R., C.R. Marcati, B.L. Morretes & V. Angyalossy. 1997. Comparative wood anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). IAWA Journal, 18: 13--25.

- Marcati, C.R., V. Angyalossy-Alfonso & L. Benetati. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*. 24: 311--320.
- Melo Júnior, J.C.F. de., G. Ceccantini & C. Bona. 2011. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro. *Iheringia*. 66: 189--200.
- Mendonça, R C., J. M. Felfili, B.M.T. Walter, M.C. Silva Júnior, A.V. Rezendo, T. S. Filgueiras, P.E. Nogueira & C.W. Fagg. 2008. Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. *In*: Sano, S.M., S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.) *Cerrado: ecologia e flora*: 422--442. Embrapa, Brasília.
- Mina-Rodrigues, E.M.C. 1986. Estudo morfoanatômico dos órgãos vegetativos de *Pera glabrata* Baill. (Euphorbiaceae) em material procedente de mata mesófila semidecídua e de cerrado. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro.
- Moglia, G. & A. M^a. Gimenez. 1998. Rasgos anatômicos característicos del hidrosistema de las principales espécies arbóreas de la region chaqueña argentina. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7: 53--71.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403: 853--858.
- Nimer, E. 1968. Clima – circulação atmosférica. *Paisagens do Brasil*. Fundação IBGE. Série D. Publicação n 2. Rio de Janeiro.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, 34: 3--51.

- Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Oever, L. van den., P. Baas & M. Zandee. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. IAWA Bulletin n.s. 2: 3--24.
- Oliveira, P.S. & R.J. Marquis. 2002. Introduction: Development of Research in the Cerrados. *In*: Oliveira, P.S. & R.J. Marquis (eds.). The cerrados of Brazil: 91--120. Columbia University Press. New York.
- Oliveira-Filho, A.T. & J.A. Ratter. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. *In*: Oliveira, P.S. & R.J. Marquis (eds.). The cerrados of Brazil: 91--120. Columbia University Press. New York.
- Oliveira-Filho, A. T., J. A. Jarenkov & M. J. N. Rodal. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution pattern. *In*: Pennington, R.T., G.P. Lewis & J.A. Ratter. Neotropical savannas and seasonally dry forests: 159--190. CRC Press.
- Paviani, T. I. 1978. Anatomia vegetal e cerrado. *Ciência e Cultura*. 30: 1076--1086.
- Pinho, R.A. *et al.* 1992. Contribuição ao estudo anatômico do lenho secundário de árvores da flora dos cerrados. IV. São Paulo Brasil. *Hoehnea*. 19: 171--183.
- Plomion, C., G. Leprovost & A. Stokes. 2001. Wood formation in trees. *Plant Physiology*. 127: 1513--1523.
- Pockman, W.T. & J.S. Sperry. 2000. Vulnerability to xylem cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. *American Journal of Botany*. 87: 1287--1299.

- Prado, D.E. 1991. A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America. Tese de doutorado. University of Saint Andrews, Saint Andrews.
- Prado, D.E. 2003. As caatingas da América do Sul. *In*: Leal, I.R., M. Tabarelli & J.M.C. Silva (Eds.). Ecologia e conservação da caatinga. Ed. Universitária da UFPE. Recife.
- Queiroz, L.P. 2009. Leguminosas da caatinga. Feira de Santana: Multimídia Indústria, Comércio e Editora Ltda.
- Ratter, J. A., J. F. Ribeiro & S. Bridgewater. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany*. 80: 223--230.
- Ribeiro, J.F. & B.M.T. Walter. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M. & S.P. Almeida (eds.). Cerrado: ambiente e flora: 89-166. Embrapa, Brasília.
- Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*. 1: 3--55.
- Rizzini, C.T. 1970. Sobre alguns aspectos do cerrado. *Boletim Geográfico*. 218: 48--65.
- Rizzini, C.T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2. ed. Âmbito Cultural. Rio de Janeiro.
- Sampaio, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. *In*: Bullock, S.H., H.A. Mooney & E. Medina (Eds.). Seasonally dry tropical forests: 35--63. Cambridge University Press. Cambridge.
- Silva, F.A.M., E.D. Assad & B.A. Evangelista. 2008. Caracterização climática do bioma cerrado. *In*: Sano, S.M., S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.) Cerrado: ecologia e flora: 71--88. Embrapa, Brasília.

- Silva, L.B. da, F.A.R. dos Santos, P. Gasson & D. Cutler. 2009. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. *Acta Botânica*. 23: 436--445.
- Silva, L.B. da., F.A.R. dos Santos, P. Gasson & D. Cutler. 2011. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. Ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae-Mimosoideae) na caatinga nordestina. *Acta Botânica Brasileira*. 25: 301--314.
- Sonsin, J.O., G.E. Gasson, C.F. Barros & C.R. Marcati. 2012. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerado *s.s* and adjacent gallery forest). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1--20.
- Veloso, H.P., A.L.R. Rangel Filho & J.C.A Lima. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE. Rio de Janeiro.
- Villagra, P.E. & F.A. Roig-Juñet. 1997. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. *IAWA Journal*. 18: 37--51.
- Webber, I.E. 1936. The woods of sclerophyllous and desert shrubs of California. *American Journal of Botany*. 23: 181--188.
- Wheller, E.A. & P. Baas. 1991. A survey of the fossil record for dicotyleonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin n.s.* 12: 275--332.
- Zhong, Y., P. Baas & E.A. Wheeler. 1992. Wood anatomy of trees and shrubs from china. IV. Ulmaceae. *IAWA Bulletin. n.s.* 13: 419--453.
- Zimmermann, M.H. 1978. Vessel ends and the disruption of water flow in plants. *Phytopathology* 68: 253--255.

Zimmermann, M.H. 1983. Xylem structure and ascent sap. Berlin: Springer Verlag.

Conforme estabelecido pelo Conselho do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), os resultados obtidos durante a execução desse projeto de mestrado foram reunidos em artigo científico para publicação, redigido segundo as normas do IAWA Journal.

**ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) E
Tocoyena formosa (Rubiaceae) QUE OCORREM NO CERRADO E NA
CAATINGA**

Larissa Chacon Dória¹, Rivete Silva De Lima² e Carmen Regina Marcati³

RESUMO - O cerrado e a caatinga são domínios fitogeográficos brasileiros que apresentam diferenças principalmente em relação à latitude, temperatura, disponibilidade hídrica e condições edáficas. Assim, visando identificar estratégias anatômicas, o nosso objetivo foi comparar a anatomia do lenho de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) ocorrentes no cerrado e na caatinga para testar se ocorrem diferenças anatômicas e se os indivíduos pertencentes à caatinga apresentam maior grau de xeromorfismo. Realizamos as coletas do cerrado no município de Pratânia – SP (22° 48'35'' S e 48° 39'57'' W) e as de caatinga nos municípios de São João do Cariri - PB (7° 23'27'' S e 36° 32'2'' W) e Serra Branca – PB (7° 29'14'' S e 36° 39'51'' W). Coletamos amostras do lenho de cinco indivíduos de cada espécie, em cada domínio e, pelo fato de observarmos em campo a diferença de espessura da casca de *T. aurea* nos dois domínios, comparamos a porcentagem de casca nas amostras dessa espécie. Os resultados da MANOVA mostraram que os indivíduos das duas espécies se diferenciaram pelos caracteres anatômicos, nos diferentes ambientes, com um valor p significativo. Para *T. aurea*, os indivíduos do cerrado investem em produção de tecido de proteção observado pela maior espessura da casca e em condução radial pela maior altura e largura dos raios. Na caatinga, os indivíduos investem em condução e segurança hídrica, pelo menor diâmetro tangencial dos vasos. Em relação à *T. formosa*, os caracteres xeromórficos como índice de agrupamento, frequência de vasos e índices de vulnerabilidade e mesomorfia, foram mais marcantes nos indivíduos do cerrado. Entendemos que essa resposta seja devido às condições edáficas do cerrado que apresenta solos com alto teor de alumínio, e que não esteja relacionado às condições de temperatura e precipitação.

1-Parte da dissertação da primeira autora. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Botucatu, São Paulo, Brasil [E-mail: larissachacondoria@gmail.com].

2-Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, Brasil [E-mail: rivete@terra.com.br].

3-Departamento de Ciências Florestais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Botucatu, São Paulo, Brasil [E-mail: carmen@fca.unesp.br]

Palavras-chave: Anatomia ecológica, anatomia estrutural, madeira, xeromorfismo, xilema secundário.

1-Parte da dissertação da primeira autora. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Botucatu, São Paulo, Brasil [E-mail: larissachacondoria@gmail.com].

2-Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, Brasil [E-mail: rivete@terra.com.br].

3-Departamento de Ciências Florestais, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Botucatu, São Paulo, Brasil [E-mail: carmen@fca.unesp.br]

INTRODUÇÃO

O cerrado é um domínio fitogeográfico brasileiro situado entre 5° e 20° sul e de 45° a 60° W, com a maior parte localizada no Planalto Central do Brasil. Possui mais de 2 milhões de km² (Silva *et al.* 2008), sendo a segunda maior formação fitogeográfica do país em área abrangendo de 20 a 25% do território nacional (Joly 1970). A vegetação típica consiste de savana de estruturas variáveis (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). É caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos com média anual de precipitação de 1.500 mm e temperatura média anual em torno de 22 - 23°C (Eiten 1994; Silva *et al.* 2008) e pela presença de solos diversos com alta concentração de alumínio (Coutinho 2002).

A caatinga nordestina é um domínio fitogeográfico brasileiro que se estende de 2° 54' S até 17° 21' S e apresenta mais de 800.000 km² o que corresponde a cerca de 10% do território nacional. (Rizzini 1963; Ab'Sáber 1974). É o único domínio fitogeográfico cujos limites estão restritos ao território brasileiro, sendo proporcionalmente o menos estudado (Prado 2003). Apresenta vegetação com adaptações à deficiência hídrica por apresentar média mensal de temperatura mais altas do Brasil, em torno de 26 - 27°C, precipitação média variando de 269 mm/ano à 1.000 mm/ano concentradas em 3 - 5 meses (Nimer 1972; Andrade-Lima 1981) e elevada evapotranspiração potencial (1500 - 2000 mm/ano) (Queiroz 2009). A origem geológica da caatinga têm resultado em vários mosaicos de solos complexos indo de rasos, argilosos e pedregosos à profundos e arenosos (Sampaio 1995).

A diversidade estrutural encontrada no xilema secundário das plantas tem uma explicação funcional e adaptativa, podendo ser uma resposta às variações nas condições atmosféricas, à disponibilidade de nutrientes no solo e à relação entre segurança e eficiência na condução hídrica (Baas 1973; Alves & Angyalossy-Alfonso 2000, 2002; Lens *et al.* 2004). Características como a distribuição e arranjo do parênquima axial, diâmetro, comprimento e frequência de vasos, comprimento e espessura da parede das fibras, altura e largura dos raios, bem como a presença ou não de camadas de crescimento podem variar conforme o ambiente (Alves & Angyalossy-Alfonso 2000, 2002; Carlquist 1977, 1982; Baas *et al.* 1983; Barajas-Morales 1985; Marcati *et al.* 2001; Lima *et al.*, 2009; Sonsin *et al.* 2012). Com a realização de estudos focados nessa linha, pesquisadores estabeleceram as tendências gerais para a anatomia do xilema secundário em

ambientes xéricos e méxicos destacando, em sua maioria, um *trade-off* entre segurança *x* eficiência no transporte hídrico, levando em consideração características dos vasos (Baas *et al.* 1983; Carlquist 1980; Baas & Carlquist 1985; Baas & Schweingruber 1987; Alves & Angyalossy-Alfonso 2000, 2002; Lens *et al.* 2004). Além disso, criaram índices que demonstram o grau de xeromorfismo/mesomorfismo que uma espécie ou grupo de espécies podem apresentar (Carlquist 1977).

Tendo em vista as diferenças ambientais entre o cerrado e a caatinga e as tendências gerais estabelecidas para ambientes xéricos e méxicos, visamos responder às seguintes perguntas: (1) os indivíduos pertencentes aos dois domínios fitogeográficos, diferem em relação à anatomia do lenho? (2) os indivíduos ocorrentes na caatinga apresentam características xeromórficas mais marcantes que os indivíduos do cerrado, refletindo em uma maior segurança na condução hídrica?

MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos as coletas em uma área de cerrado no estado de São Paulo e em duas áreas de caatinga no estado da Paraíba (Fig. 1). No cerrado, coletamos ambas as espécies, *Tabebuia aurea* e *Tocoyena formosa*, na Reserva Particular de Cerrado “Palmeira da Serra”, no município de Pratânia, SP (Tab. 1 e 2; Fig. 2 e 3). Na caatinga coletamos *Tabebuia aurea* no município de São João do Cariri, PB, aos arredores da Estação Experimental de São João do Cariri (Tab. 1 e 2; Fig. 4) e *Tocoyena formosa* no município de Serra Branca, PB, ambas localizadas no cariri paraibano (Tab. 1 e 2; Fig. 5).

O município de Pratânia, segundo a classificação de Köppen caracteriza-se como Cwa, isto é, clima temperado úmido com inverno seco e verão chuvoso; a temperatura média anual é de 20,8°C e a precipitação média anual é de 1453,6 mm e altitude de 697 m (CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura 2013). A Reserva Palmeira da Serra apresenta área de aproximadamente 180 ha localizada na Fazenda Palmeira da Serra. Esta área apresenta fitofisionomias diferentes, incluindo campo cerrado, mata ciliar e brejo (Machado

et al. 2005). Dentre as fitofisionomias apresentadas na Reserva, coletamos nossas amostras em fitofisionomia de cerrado (Fig. 2 e 3).

O Cariri Paraibano está localizado na mesorregião da Borborema, sendo o Cariri, a região de menor densidade demográfica do estado da Paraíba. É um dos polos xéricos do Nordeste brasileiro com precipitação média anual que não alcança 600 mm/ano e temperatura média anual em torno de 26 °C (Moreira 1988). São João do Cariri é um município localizado na mesorregião da Borborema no Estado da Paraíba, abrange área de 701,856 km² e altitude de 458 m (Barreto *et al.* 2010) (Fig. 4). O município de Serra Branca está localizado na Mesorregião da Borborema no Estado da Paraíba, abrange uma área de 704,6 km² e a sede do município tem uma altitude média de 493 m (MME – Ministério de Minas e Energia 2005) (Fig. 5).

Estudamos as espécies *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) (Fig. 6 - 13) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) (Fig. 14 - 19). O motivo de escolhermos essas espécies é devido ao fato que elas ocorrem nas áreas de coleta dos dois domínios fitogeográficos que comparamos. E, além disso, são espécies de ocorrência comum no cerrado (Ratter *et al.* 2003) e na caatinga (Moro 2013).

Tabebuia aurea pertence à tribo Crescentieae, da família Bignoniaceae. Apresenta ampla distribuição no território brasileiro, abrangendo as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. É comum às margens dos rios temporários do Nordeste semiárido e integra também a flora dos cerrados e cerradões de quase todo o Brasil (Lorenzi 1992). Apresenta porte arbóreo (Fig. 6, 10 e 13), podendo alcançar até 10 metros de altura e floresce com a árvore quase despida da folhagem (Fig. 9), sendo ornamental quando em floração. Apresenta folhas compostas (Fig. 7 e 11) e alternas. Frutos do tipo síliqua (Fig. 8). Fornece madeira pesada, lisa, de aspecto oleoso e cerne duro e escuro, utilizada para construção civil. A casca (Fig. 12) e a raiz apresentam propriedades medicinais. Fornece ainda, corante amarelo utilizado na tintura de fios de algodão (Almeida *et al.* 1998).

Tocoyena formosa pertence à tribo Gardenieae e à subfamília Ixoroideae da família Rubiaceae (Pereira & Barbosa 2004). No Brasil, a espécie encontra-se nas regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul (Prado 1987). Habita vários tipos de vegetação, podendo ser encontrada em matas úmidas e secas, cerrado, caatinga ou ainda em áreas perturbadas (Pereira & Barbosa 2004). Apresenta porte de arvoreta ou árvore (Fig. 14 e 17) medindo até 5 metros de

altura. Filotaxia oposta (Fig. 15, 16 e 18). Pode ser encontrada com flores de coloração amarelada (Fig. 15, 16 e 19) (Almeida *et al.* 1998). Apresenta frutos do tipo bacóide (Fig. 18).

Para cada espécie, retiramos amostras do caule de cinco indivíduos adultos tomados aleatoriamente, em cada local de coleta. Retiramos as amostras de *Tocoyena formosa* da região basal da ramificação mais espessa e as de *Tabebuia aurea* retiramos do caule principal a 1,30 m do solo (AP) por meio de incisões paralelas feitas com serrote e a total remoção com martelo e formão. Pelo fato de observarmos em campo a diferença de espessura da casca de *T. aurea* nos dois domínios, comparamos a porcentagem de casca nas amostras dessa espécie. Após retirarmos as amostras, as fixamos em FAA 70%.

Coletamos amostras de solo dos dois ambientes, realizando dez escavações nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, em *zig-zag*, próximo aos locais de ocorrência das espécies e realizamos análises físicas e químicas (Tab. 4 e 6) de acordo com os procedimentos adotados pelo Departamento de Solos da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, Campus de Botucatu. Os indivíduos das duas espécies ocorrentes no cerrado estavam todas no mesmo tipo de solo (Tab. 4 e 6), no entanto, na caatinga, os indivíduos ocorriam em solos diferentes, os quais coletamos e realizamos as análises separadamente (Tab. 4 e 6).

Os dados climáticos de temperatura e precipitação do período de 2000 a 2012 foram obtidos da Estação Experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, Campus de Botucatu, SP, para a área de cerrado, e no site da AESA – Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba 2013, para a área da caatinga. Construímos os diagramas climáticos de cada região para compararmos os valores de temperatura e precipitação (Fig. 20 e 21).

Depois de coletarmos as amostras, as fixamos e as conservamos em álcool 70%. Retiramos os corpos de prova e seccionamos em micrótomo de deslize nos três planos convencionais de estudo da anatomia do lenho (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial).

Para prepararmos as lâminas histológicas, seguimos as técnicas apresentadas por Johansen (1940) e Sass (1951) para montagem e confecção de lâminas permanentes. Clarificamos os cortes histológicos em hipoclorito de sódio 50% e em seguida lavamos em água acética 1%. Utilizamos o processo de dupla coloração com safranina aquosa 1% (Bukatsch 1972) e azul de astra aquoso

1% (Roeser 1972), visando o contraste das estruturas celulares. Após a coloração, desidratamos os cortes através de uma série gradual de concentração de álcoois (30% - 50% - 70% - 90% - 95% - 100%) e finalmente, realizamos a fixação do corante com acetato de butila e montamos as lâminas permanentemente em meio sintético (Entellan®).

Preparamos as lâminas de material dissociado seguindo o método de Franklin (1945), modificado por Kraus & Arduin (1997). Retiramos pequenos palitos de cada amostra de madeira e os colocamos em frascos de vidro contendo solução de ácido acético glacial e água oxigenada 30 volumes, na proporção 1:1. Vedamos cada frasco, os levamos à estufa a 60° C por cerca de 20 horas, ou até que a solução se apresentasse transparente e os palitos esbranquiçados. Após esfriar, retiramos todo o material e os lavamos em água corrente. Para montarmos as lâminas semipermanentes, coramos o material com safranina 1% em etanol 50% e montamos as lâminas em glicerina diluída em água destilada (glicerina 50%).

Para cada indivíduo, montamos dez lâminas histológicas, cada uma contendo os planos transversais (TR), tangenciais (TG) e radiais (RD) e cinco lâminas de material macerado por indivíduo.

Após a montagem das lâminas, realizamos as análises em microscopia de luz. Os parâmetros anatômicos quantitativos que analisamos foram: comprimento dos elementos de vasos (μm), diâmetro dos vasos (μm), frequência de vasos (n° de vasos/ mm^2) e índice de agrupamento dos vasos (n° de vasos/grupo); comprimento das fibras (μm), diâmetro das fibras (μm), diâmetro tangencial do lúmen das fibras (μm), espessura da parede das fibras (μm); comprimento e largura dos raios (μm e número de células), frequência de raios (n° de raios/ mm); diâmetro das pontoações intervasculares e radio-vasculares (μm) e abertura das pontoações intervasculares e radio-vasculares (μm). Realizamos as mensurações seguindo as recomendações do IAWA Committee (1989), Carlquist (2001) e Wheeler (1986). Após as mensurações realizamos os cálculos dos índices de vulnerabilidade e mesomorfia. Para os parâmetros qualitativos que analisamos também seguimos as recomendações do IAWA Committee (1989).

Para obtenção dos parâmetros quantitativos em microscopia de luz, utilizamos um sistema de análise de imagens, microscópio de luz, Câmera Axio Cam MRC e computador com o programa Axiovision. Para análise desses parâmetros, realizamos cálculos de média e desvio padrão para comparação dos resultados.

Para análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV), fixamos as amostras em Karnovsky (1965 modificado) (tampão fosfato 0,1 M pH 7,3) por 24 horas, refrigerado. Posteriormente, as amostras foram processadas segundo técnicas do Centro de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu. As amostras foram pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1% por 2 horas, desidratadas em série crescente de solução alcoólica, submetidas ao ponto crítico e metalizadas com ouro (Robards 1978). Capturamos as imagens com câmera digital acoplada.

Polimos manualmente em série gradual de lixas todas as amostras de madeira e fotografamos em secção transversal para observarmos os marcadores das camadas de crescimento nas duas espécies. Além disso, como observamos em campo a diferença na espessura da casca entre os dois ambientes em *T. aurea*, também fotografamos macroscopicamente a casca dos indivíduos dessa espécie. Microscopicamente, fotografamos as estruturas anatômicas nos três planos de corte (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial).

Com o objetivo de testar se ocorrem diferenças na anatomia do lenho dos indivíduos pertencentes aos dois domínios, realizamos uma análise de variância multivariada (MANOVA). As variáveis explanatórias são os dois ambientes (cerrado e caatinga) e as variáveis respostas são os caracteres anatômicos quantitativos. Para testarmos quais variáveis anatômicas apresentaram diferenças significativas entre os dois ambientes, realizamos o Teste t de *student* para cada variável, com nível de significância de 0,05. Além disso, a fim de se investigar quais variáveis foram determinantes na diferenciação entre os domínios, realizamos uma análise dos componentes principais (PCA) para visualizarmos graficamente a separação dos indivíduos de cada espécie.

RESULTADOS

Tabebuia aurea

Xilema secundário

Camadas de crescimento: demarcadas por linhas e faixas marginais de parênquima axial (Fig. 22 - 27). Nos indivíduos da caatinga, os marcadores são menos evidentes, e muitos são interrompidos (Fig. 22, 24), enquanto nos indivíduos do cerrado as camadas são mais estreitas e algumas linhas/faixas podem se bifurcar (Fig. 23, 25). *Vasos*: porosidade difusa; sem arranjo; solitários (54% nos indivíduos da caatinga e 49% no cerrado) e múltiplos de 2 a 4 vasos (46% na caatinga 51% no cerrado) (Fig. 26, 27). Frequência de 2 a 23 vasos/mm² na caatinga e de 5 a 26 vasos/mm² no cerrado (Tab. 3). Agrupamentos racemiformes raros nos dois ambientes (Fig. 28, 29), mas mais frequentes nos indivíduos do cerrado (Fig. 29) que apresentaram valores maiores para os índices de agrupamento (valor mínimo de 1,0 vaso/grupo e máximo de 6 vasos/grupo), enquanto que na caatinga os valores foram menores (valor mínimo de 1,0 vaso/grupo e máximo de 2,0 vasos/grupo). Vasos com ou sem apêndices (Fig. 30 - 35) e quando presentes, apenas em uma extremidade (Fig. 33, 34). Placas de perfuração simples (Fig. 30 - 35, 36), em alguns poucos elementos de vasos apresenta-se foraminada (Fig. 40 - 42). Pontoações intervasculares alternas, pequenas, com formato circular (Fig. 37); pontoações radio-vasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares (Fig. 38). *Fibras*: pontoações simples (Fig. 39) presentes nas paredes tangenciais e radiais; paredes finas a espessas. *Parênquima axial*: predominantemente paratraqueal confluyente em trechos longos ou curtos e em linhas/faixas marginais (Fig. 43, 44); ocorre também aliforme simples losangular (Fig. 43) e linear; 2-4 células por série (Fig. 45); 63% de parênquima axial nos indivíduos dos dois ambientes. *Raios*: predominantemente unisseriados nos indivíduos da caatinga (Fig. 46) e predominantemente bisseriados com alguns raios fusionados no cerrado (Fig. 47); homogêneos, compostos apenas por células procumbentes (Fig. 48, 49). *Inclusões orgânicas*: amido nas células do parênquima axial e radial. *Estrutura estratificada*: regular dos raios, vasos e parênquima axial nos indivíduos da caatinga (Fig. 45, 46); irregular nos indivíduos do cerrado (Fig. 47).

Porcentagem de tecidos da casca

Os indivíduos da caatinga apresentaram 8% de casca (Fig. 50), sendo destes, 62,9% de floema secundário e 37,02% de periderme. Os indivíduos do cerrado apresentaram 16,2% de casca (Fig. 51), sendo destes, 60,8% de floema secundário e 39,2% de periderme.

Análise estatística

A tabela 3 apresenta os valores médios dos caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário, com seus respectivos valores de p do Teste t.

As variáveis do xilema secundário que apresentaram menores correlações e que foram utilizadas para a análise de variância multivariada foram: altura de raios, comprimento dos elementos de vaso, comprimento das fibras, diâmetro tangencial das fibras, diâmetro tangencial do lúmen das fibras, frequência de vasos, índice de agrupamento e diâmetro das pontoações radio-vasculares. A análise de variância multivariada apresentou valor de $p = 0.01$, mostrando-se significativa, ou seja, os indivíduos diferem, entre os domínios que estudamos, quanto aos caracteres anatômicos do lenho.

O resultado da análise dos componentes principais (Fig. 52) explicou 59% do total da variância dos dados (eixo 1 = 36%; eixo 2 = 23%) e mostrou que os indivíduos dos dois domínios foram separado no eixo 1. Observamos que o eixo 1 separa os indivíduos da caatinga (pontos pretos) do lado esquerdo do gráfico e os indivíduos do cerrado (pontos cinzas) do lado direito. Essa separação é determinada principalmente pelas variáveis de altura de raios (AR) e diâmetro das pontoações radio-vasculares (PR). Ao longo do eixo 2, os indivíduos se distribuíram mais esparsamente e esse eixo está mais relacionado às variáveis de comprimento dos elementos de vasos (CEV), e diâmetro tangencial do lúmen das fibras (DTLF), mostrando que essas variáveis são importantes fontes de diferenças entre os indivíduos do mesmo ambiente, porém não contribuíram para a separação entre os domínios.

Tocoyena formosa

Xilema secundário

Camadas de crescimento: demarcadas por zonas fibrosas (Fig. 53 - 56) resultantes do achatamento radial das fibras no lenho tardio (Fig. 57, 58). Nos indivíduos da caatinga (Fig. 53, 55) as zonas fibrosas são mais evidentes do que nos indivíduos do cerrado (Fig. 54, 56). *Vasos*: porosidade difusa; sem arranjo (Fig. 57, 58); predominantemente solitários (85% nos indivíduos da caatinga e 60,8% nos indivíduos do cerrado) e múltiplos radiais de 2 a 4 vasos, podendo ocorrer até 7 vasos. Frequência de 30 a 83 vasos/mm² na caatinga e de 42 a 135 vasos/mm² no cerrado (Tab.5). Os agrupamentos radiais foram menos frequentes nos indivíduos da caatinga (Fig. 59), os quais apresentaram os valores menores para índice de agrupamento (valor mínimo de 1 vaso/grupo e máximo de 1,72 vasos/grupo), enquanto que no cerrado (Fig. 60), os valores foram maiores (valor mínimo de 1,08 vasos/grupo e máximo de 1,84 vasos/grupo). Vasos com ou sem apêndices e, quando presentes, conspícuos e em ambas as extremidades (Fig. 61 - 68). Placas de perfuração simples (Fig. 61 - 69) com borda não pontoada (Fig. 70). Pontoações intervasculares alternas, pequenas, com formato circular (Fig. 71); guarnecidas (Fig. 72, 73); pontoações radio-vasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares (Fig. 74). Presença de traqueídes (Fig. 66, 67) e elementos de vaso com morfologias variadas (Fig. 61 - 68). *Fibras*: pontoações areoladas (Fig. 75) nas paredes tangenciais e radiais; paredes finas a espessas. *Parênquima axial*: apotraqueal difuso a difuso-em-agregados (Fig. 76); 3-4 células por série; 6,15% de parênquima axial nos indivíduos da caatinga e 5,16% nos indivíduos do cerrado. *Raios*: predominantemente unisseriados, com alguns multisseriados de até 3 células de largura, porções multisseriadas da mesma largura das unisseriadas em alguns raios (Fig. 77); heterogêneos (Fig. 78), compostos por corpo central de células procumbentes e mais de quatro fileiras de camadas de células quadradas e eretas na margem; fusionados (Fig. 77). *Células perfuradas de raio*: presentes (Fig. 79). Presença de células parenquimáticas com paredes disjuntivas. *Inclusões orgânicas*: amido nas células do parênquima axial e radial (Fig. 78); depósitos nos vasos (Fig. 80). *Tilos*: presentes (Fig. 80).

Análise estatística

A tabela 5 apresenta os valores médios dos caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário, com seus respectivos valores de p do Teste t.

As variáveis que apresentaram menores correlações e que foram utilizadas para a análise de variância multivariada foram: abertura das pontoações intervasculares, comprimento dos elementos de vasos, comprimento das fibras, diâmetro tangencial das fibras, frequência de raios, frequência de vasos, largura de raios, largura de raios em número de células e diâmetro das pontoações intervasculares. A análise de variância multivariada apresentou valor de $p = 0.006$, mostrando-se significativa, ou seja, os indivíduos diferem, entre os domínios que estudamos, quanto aos caracteres anatômicos do lenho.

O resultado da análise dos componentes principais (Fig. 81) explicou 55% do total da variância dos dados (eixo 1 = 31%; eixo 2 = 24%) e mostrou que os indivíduos dos dois domínios foram separados no eixo 1. Observamos que o eixo 1 separa os indivíduos da caatinga (pontos pretos) do lado esquerdo do gráfico e os indivíduos do cerrado (pontos cinzas) do lado direito. Essa separação é determinada pelas variáveis de largura de raios (LR) e abertura das pontoações intervasculares (API), a qual está negativamente correlacionada com LR. Ao longo do eixo 2, os indivíduos se distribuíram mais esparsamente, e esse eixo está mais relacionado às variáveis de diâmetro tangencial das fibras (DTF) e comprimento dos elementos de vasos (CEV) mostrando que essas variáveis são importantes fontes de diferenças entre os indivíduos do mesmo ambiente, porém não contribuíram para a separação entre os domínios.

DISCUSSÃO

Tabebuia aurea

Nos dois domínios, os indivíduos apresentaram camadas de crescimento demarcadas por linhas/faixas marginais de parênquima axial. No entanto, mesmo as amostras sendo relativamente

pequenas, pudemos observar que as camadas de crescimento apresentaram-se com larguras menores nos indivíduos do cerrado, ou seja, o ritmo de produção do xilema secundário é menor quando comparamos com os indivíduos da caatinga. É interessante notar que a porcentagem de produção de casca nos indivíduos do cerrado é o dobro da porcentagem de casca dos indivíduos da caatinga (16% de casca e 8% de casca, respectivamente). Dentre as adaptações das plantas que conferem resistência ao fogo, a espessura da casca é a mais importante, pois o que causa a morte da planta é a necrose do câmbio vascular. Portanto, o tempo que o fogo leva para atingir o câmbio *in situ* é uma função tanto da propriedade térmica, como, principalmente, da espessura da casca (Pinard & Huffman 1997). No trabalho realizado por Nefabas & Gambiza (2007) no qual eles observaram o efeito em longo prazo de diferentes frequências de queimada em espécies savânicas resistentes ao fogo, os autores observaram que as espécies que possuíam casca mais espessa sobreviveram por mais tempo ao fogo do que as que possuíam casca mais fina. Como o fogo é uma característica marcante da dinâmica de savanas mundiais (Lawes *et al.* 2011) e o cerrado apresenta em sua maior composição o bioma savânico, entendemos que a maior proporção de produção de casca nos indivíduos do cerrado seja uma resposta adaptativa de proteção contra o fogo. No caso dos indivíduos da caatinga, observamos uma largura maior das camadas de crescimento do xilema secundário e uma menor porcentagem de produção de casca. Isso demonstra que os indivíduos da caatinga estão investindo menos em produção de casca quando comparamos com os indivíduos do cerrado. Quando observamos a estrutura do xilema secundário é importante lembrar que a principal função desse tecido é a condução hídrica. Tendo em vista que a caatinga é um ambiente com baixa disponibilidade hídrica ao longo do ano, com presença de chuvas concentradas em um período curto, supomos que a resposta de produção maior de xilema secundário nesses indivíduos seja uma resposta adaptativa em relação à eficiência na condução hídrica, utilizando toda a água disponível nesse período de chuvas. Além disso, a caatinga não é um ambiente que apresenta frequência de queimadas como o cerrado, portanto, esses indivíduos não investem em produção grande de casca para proteção.

Os indivíduos ocorrentes na caatinga apresentaram diâmetro dos vasos menor e diâmetro das pontoações intervasculares menores que os indivíduos do cerrado a 5% de significância, e valores menores de comprimento dos elementos de vasos, entretanto, nesse caso, sem significância. A presença de vasos estreitos, elementos de vaso de menor comprimento e pontoações intervasculares pequenas no xilema secundário de espécies de regiões áridas têm sido

interpretado como estratégia para segurança na condução hídrica (Carlquist 1966, 1977, 1980; Fahh *et al.* 1986; Baas & Carlquist 1985). Como já mencionamos acima, a principal função do xilema secundário, principalmente dos vasos, é a condução hídrica. A condutividade hídrica no xilema secundário é proporcional à quarta potência do raio do lúmen do vaso e por essa razão, Zimmermann (1978, 1983) comenta que o diâmetro máximo dos vasos é um valor mais significativo que a média do diâmetro, pois um vaso largo conduz melhor do que 16 vasos com metade do seu diâmetro. Alguns estudos (Baas 1982; Carlquist 1975; Baas & Carlquist 1985; Carlquist & Hoekman 1985) destacam um *trade-off* segurança \times eficiência no transporte hídrico, levando em consideração as características dos vasos. Vasos de maior diâmetro são mais eficientes no transporte, no entanto, apresentam menor segurança, pois são mais vulneráveis à formação de embolismos por cavitação, os quais provocam quebra da coesão da coluna de água sob forte pressão negativa. Já, vasos de menor diâmetro são mais seguros, pois geralmente estão presentes em maior quantidade fazendo com que os embolismos não incapacitem as principais partes do sistema de condução. Além disso, a força de tensão dentro dos vasos menores é maior que nos vasos maiores, reduzindo o risco de embolismos (Zimmermann 1983). Esse *trade-off* explica a tendência geral de encontrarmos vasos com diâmetro e comprimento menor com o aumento da aridez nos ambientes (Carlquist 1966; Carlquist 1977; Carlquist & Hoekman 1985). A caatinga é um domínio mais xérico que o cerrado em virtude da baixa precipitação e das médias de temperaturas mais elevadas, o que pode explicar termos encontrado vasos com diâmetro menor que no cerrado.

O comprimento dos elementos de vasos também parece ter relação com a segurança na condução hídrica, como já comentado anteriormente, entretanto, essa permanece uma questão controversa. Segundo Carlquist (1975, 1982), elementos de vasos mais curtos podem oferecer mais intervalos (terminações de paredes), o que ajuda a desfazer embolismos locais. No entanto, Zimmermann (1978, 1983) e Baas (1982) consideram o comprimento dos elementos de vaso como de pouco significado funcional. Estudos experimentais ainda são necessários para elucidar tal questão.

As pontoações intervasculares, também importantes na segurança hidráulica das plantas, apresentam-se como estruturas que determinam a resistência à cavitação (Sperry *et al.* 1996, Choat *et al.* 2003, 2004; Lens *et al.* 2011) e perfazem mais de 50% do total da resistência ao

fluxo na rede de vasos (Wheeler *et al.* 2005; Choat *et al.* 2008). Quando um vaso embolizado encontra-se adjacente a um vaso funcional contendo líquido sob tensão, uma diferença de pressão pode se desenvolver entre as membranas das pontoações intervasculares (Choat *et al.* 2004). Essas membranas funcionam para restringir a difusão de ar pela rede de vasos evitando o bloqueio dos vasos para a condução, mas ao mesmo tempo permitem o transporte lateral de água pelos poros da membrana (Lens *et al.* 2013). Dessa forma, qualquer *trade-off* entre segurança e eficiência deve depender do funcionamento dessas válvulas (Wheller *et al.* 2005).

Estudo realizado por Lens *et al.* (2011) com sete espécies do gênero *Acer* concluiu que a ultraestrutura das pontoações é o principal determinante para a resistência à cavitação. Caracteres ultraestruturais como a profundidade da câmara e a espessura da membrana das pontoações têm maior correlação com resistência à cavitação do que caracteres estruturais como o comprimento dos elementos de vasos, diâmetro dos vasos, frequência de vasos e também o índice de vulnerabilidade. Observamos a importância de se realizar estudos de anatomia comparada utilizando observações em microscopia eletrônica conjuntamente com microscopia óptica. Por ora, não podemos fazer nenhuma interpretação quanto à ultraestrutura das membranas da pontoações, no entanto, em relação às análises de microscopia de luz, outros trabalhos desenvolvidos com espécies brasileiras também encontraram menor diâmetro das pontoações intervasculares em indivíduos presentes em ambientes mais xéricos, demonstrando a atuação dessa estrutura na segurança da condução (Marcati *et al.* 2001; Sonsin *et al.* 2012).

Observamos que os indivíduos do cerrado apresentaram maior diâmetro das pontoações radio-vasculares com diferença estatisticamente significativa. Os tecidos acessórios na madeira, segundo Braun (1984) são constituídos por células parenquimáticas, as quais estão por sua vez, intimamente ligadas ao sistema de condução (vasos e traqueídes) por pontoações chamadas pontoações radio-vasculares. A função dessas pontoações é a de transportar o açúcar resultante da atividade da fosfatase (que converte o amido estocado nas células parenquimáticas em açúcar) para dentro dos elementos de vasos, que irá aumentar a condução de água dentro desses vasos (Braun 1984). Assim, os indivíduos do cerrado estão investindo em transportar com mais velocidade esses açúcares para dentro dos elementos de vasos.

Os parâmetros relativos a raios (altura de raios em μm , largura de raios em μm e em nº de células e nº de raios/mm) apresentaram diferenças estatísticas entre os dois ambientes. Os valores

de altura de raios em μm , largura de raios em μm e em número de células foram maiores nos indivíduos do cerrado e apenas frequência de raios que foi maior nos indivíduos da caatinga. Estudos que observaram a influência da latitude na estrutura anatômica do lenho mostraram que a altura dos raios decresce com o aumento da latitude (Oever *et al.* 1981; Lens *et al.* 2004). Levando em consideração que temos gradiente latitudinal da caatinga para o cerrado, nossos resultados não corroboraram o dos autores. Alguns estudos indicam a tendência de raios mais altos em espécies de ambientes mais xéricos (Baas 1973; Luchi 2004, Luchi *et al.* 2005), enquanto outros verificaram a presença de raios mais altos nas plantas ocorrentes na floresta úmida (Barajas-Morales 1985). Em relação à largura dos raios, estudos com espécies brasileiras relataram a presença de raios mais largos em habitats com menor disponibilidade hídrica (Luchi 2004; Luchi *et al.* 2005; Bosio *et al.* 2010). Alguns autores como Baas (1973), Fahn *et al.* (1986) e Zhong *et al.* (1992) não encontraram relação entre a largura dos raios e parâmetros ambientais. No entanto, Alves & Angyalossy-Alfonso (2002) encontraram maior frequência de raios unisseriados em baixas latitudes, no semiárido nordestino (vegetação da caatinga); nossos resultados corroboram com o das autoras. As autoras explicam que a presença de raios mais largos em latitudes maiores, as quais apresentam clima sazonal, está ligada à eficiência no transporte radial do floema para o xilema. Esse transporte é considerado de grande importância para fornecer metabólitos para o câmbio no início do período de atividade. Observamos que as camadas de crescimento são mais bem demarcadas nos indivíduos do cerrado. Entendemos, então, que a maior altura e largura dos raios nesses indivíduos estejam respondendo em maior transporte lateral para suprir o câmbio no início da atividade.

Os raios nos indivíduos do cerrado apresentaram estratificação mais irregular que nos indivíduos da caatinga. Essa característica corrobora com o estudo de Chimelo & Mattos (1988) (*apud* Ceccantini 1996) que encontraram estratificação mais regular em indivíduos de ambientes mais secos, cerrado e caatinga, que em indivíduos de floresta. No entanto, não conseguimos realizar qualquer análise ecológica em relação a esse comportamento.

O resultado da análise dos componentes principais mostra que a separação dos indivíduos de cada domínio é determinada pelas variáveis de altura de raios (AR) e diâmetro das pontuações radio-vasculares (PR). Os vetores de AR e PR estão apontando para o lado direito do gráfico, onde estão posicionados os indivíduos do cerrado. Isso se deve ao fato que esses indivíduos

apresentam valores maiores para essas variáveis, as quais também apresentaram diferença estatisticamente significativa com nível de probabilidade de 0,05. As variáveis que influenciaram na separação dos indivíduos ocorrentes no mesmo ambiente foram comprimento dos elementos de vasos (CEV) e diâmetro tangencial do lúmen das fibras (DTLF). Essas variáveis apresentaram desvio padrão alto no cerrado quando comparado com o desvio padrão dos indivíduos da caatinga. Isso demonstra que ocorreu uma variação intraespecífica alta nos espécimes do cerrado, o que graficamente é demonstrado pela distribuição mais esparsa desses indivíduos em relação aos da caatinga.

Tocoyena formosa

Os indivíduos de *Tocoyena formosa* apresentaram diferenças estatisticamente significativas nas variáveis relacionadas à condução hídrica (frequência de vasos, índice de agrupamento, índice de vulnerabilidade e índice de mesomorfia) e ainda, no diâmetro da pontoação raiovascular. Os indivíduos do cerrado apresentaram maior frequência de vasos, maior índice de agrupamento, menor índice de vulnerabilidade e de mesomorfia, o que, segundo dados da literatura (Baas *et al.* 1983; Carlquist 1984; Baas & Schweingruber 1987; Carlquist 2001) demonstra presença maior de xeromorfismo e investimento maior na segurança da condução hídrica que os indivíduos da caatinga. O maior valor para agrupamento de vasos demonstra que a planta está investindo em maior grau de segurança na condução, pois a presença de vasos adjacentes garante a continuidade do fluxo hídrico mesmo que alguns vasos sejam bloqueados por embolismos (Carlquist 1984). No entanto, Baas *et al.* (1983) lançam a hipótese que o embolismo pode se espalhar mais rapidamente de um vaso para o outro quando esses estão agrupados. Qual dos dois aspectos é mais significativo para a planta depende da ocorrência e distribuição das terminações cegas dos vasos e na forma das terminações, como por exemplo, apêndices imperfurados que impediriam a formação de embolismos por cavitação (Baas *et al.* 1983). No nosso estudo, os elementos de vasos apresentam terminações com apêndices conspícuos, localizados em ambas as extremidades, além de apresentar grande variedade morfológica de elementos traqueais (traqueídes, elementos de vaso estreitos e elementos de vaso mais largos). Vasos em agrupamentos múltiplos com um sistema de condução formado por traqueídes tem sido associado com um ótimo sistema de condução nos ambientes áridos (Baas &

Schweingruber 1987; Carlquist 1984, 1985). Portanto, baseando-se nas duas hipóteses de Carlquist (1984) e Baas *et al.* (1983) que citamos acima, o agrupamento de vasos de *T. formosa* estaria conforme à hipótese de Carlquist (1984), ou seja, como investimento na segurança da condução hídrica.

A maior frequência de vasos, como apresentado pelos indivíduos do cerrado tem sido interpretada como uma estratégia no sistema condutor levando ao aperfeiçoamento do transporte de água (Carlquist 1966). Os índices de vulnerabilidade e mesomorfia desenvolvidos por Carlquist (1977) demonstram relações entre os vasos e o ambiente, sendo, para o índice de vulnerabilidade valores abaixo de 1, indicando que a planta apresenta segurança no transporte hídrico e é menos susceptível à cavitação em altas pressões negativas. Para o índice de mesomorfia, que demonstra o quão xeromórfica é uma planta, valores acima de 200 indicam plantas mesomórficas.

Observamos que os indivíduos do cerrado apresentaram maior diâmetro das pontoações radio-vasculares com diferença estatisticamente significativa. Encontramos esse mesmo resultado para *Tabebuia aurea*, e a nossa discussão também é em relação aos tecidos acessórios da madeira. Segundo Braun (1984), eles são constituídos por células parenquimáticas, as quais estão por sua vez, intimamente ligadas ao sistema de condução (vasos e traqueídes) por pontoações chamadas pontoações radio-vasculares. A função dessas pontoações é a de transportar o açúcar resultante da atividade da fosfatase (que converte o amido estocado nas células parenquimáticas em açúcar) para dentro dos elementos de vasos, que irá aumentar a condução de água dentro desses vasos (Braun 1984). Assim, os indivíduos do cerrado estão investindo em transportar com mais velocidade esses açúcares para dentro dos elementos de vasos.

Portanto, nossa hipótese inicial de que encontraríamos maior presença de caracteres xeromórficos nos indivíduos da caatinga foi refutada quando observamos os resultados dessa espécie. Tendo em vista que o cerrado apresenta precipitação maior e temperatura menor que a caatinga, julgamos que a resposta de maior presença de caracteres xeromórficos nos indivíduos do cerrado seja devido às características edáficas do cerrado. No entanto, vale a pena ressaltar ainda que a disponibilidade de água para a planta não é definida apenas pela precipitação, mas pela quantidade de água que é armazenada no solo e a capacidade da planta para ter acesso a essa

água, a qual, por sua vez, depende da distribuição da distribuição das raízes e dos gradientes hidráulicos solo-raiz (Oliveira 2013).

Arens (1958) e Arens *et al.*(1958) propuseram a teoria que os aspectos xeromórficos das folhas de plantas de cerrado são devidos a uma superprodução de esclerênquima, por sua vez decorrente da ausência de nutrientes minerais essenciais ao crescimento da planta. O processo foi denominado Escleromorfismo Oligotrófico que é uma explicação para a ocorrência comum de aspectos escleromórficos em folhas de espécies de cerrado. Os nutrientes mais carentes são principalmente o fosfato, o nitrogênio e o potássio, sendo essa deficiência devida principalmente à acidez do solo. Goodland (1979) propõe a teoria do Xeromorfismo Aluminotóxico, mostrando que o aumento do xeromorfismo da vegetação que se acentua do cerradão para o campo sujo está relacionado com crescentes teores de saturação de alumínio dos solos. O autor observou que as características xeromórficas indicadas por Arens (1958) para o escleromorfismo oligotrófico foram as mesmas observadas em plantas acumuladoras de alumínio. Assim, o autor concluiu que o xeromorfismo do cerrado se deve simultaneamente à toxidez do alumínio e ao oligotrofismo do solo, sendo um reforçado pelo outro.

Os solos no local de coleta na caatinga (município de Serra Branca, PB) são segundo dados da AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2013) do tipo Neossolo Litólico Distrófico. Esse tipo de solo ocorre em toda região semiárida, principalmente nas áreas onde são encontrados afloramentos rochosos, como é o caso da nossa região de coleta. São solos poucos desenvolvidos, rasos, não hidromórficos e normalmente pedregosos e/ou rochosos, podendo também ocorrer solos de textura arenosa, siltosa ou argilosa (EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 2013).

O solo no local de coleta no cerrado é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo (Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1999), que se caracteriza por ser um solo de intemperização intensa chamados popularmente de solos velhos, sendo definidos por características como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases. Apresentam normalmente baixa fertilidade e acidez com teor de alumínio elevado. Devido aos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente os de textura mais grosseira em climas mais secos (EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 2013). Os

Latossolos brasileiros são bem desenvolvidos e espessos, chegando a atingir dezenas de metros por causa da forte atuação das temperaturas elevadas e das chuvas abundantes a que foram submetidos. Por estarem sujeitos ao intemperismo intenso, são pobres em nutrientes e ácidos (Oliveira 2010).

Kozlowski *et al.* (1991) comenta que o solo apresenta singular importância para a planta pelo fato de prover água e minerais essenciais para o crescimento, além de dar ancoragem suportando o crescimento vertical. Assim, a qualidade do solo para um crescimento ótimo das plantas depende tanto dos elementos minerais essenciais presentes no solo, como da sua adequação para o desenvolvimento das raízes. Na tabela 2, observamos que todos os indivíduos de *T. formosa* do cerrado apresentam menor circunferência do caule e menor altura quando comparados com os indivíduos da caatinga. Os solos sob o cerrado, em condições originais, não apresentam propriedades físicas que limitam o desenvolvimento das raízes (Costa *et al.* 2002), e ainda, segundo Kozlowski *et al.* (1991) mesmo que o solo possua características favoráveis para o crescimento da raiz, a planta não pode suportar um crescimento ótimo se não tiver a quantidade necessária de elementos minerais essenciais. A deficiência de qualquer mineral essencial pode causar distúrbios em processos fisiológicos e bioquímicos, resultando em redução do crescimento de árvores e arbustos. Sendo assim, entendemos que a resposta anatômica de maior xeromorfia nos indivíduos do cerrado, quando comparados com os da caatinga, seja devido à nutrição do solo, corroborando com as hipóteses do Escleromorfismo Oligotrófico (Arens 1958) e do Xeromorfismo Aluminotóxico (Goodland 1979), baseadas em estudo anatômico de folhas de cerrado.

Os nossos resultados corroboram quando observamos o estudo de Camargo *et al.* (1977) (*apud* Goodland & Ferri 1979) que realizaram um trabalho sobre aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado e observaram que as limitações climáticas para a agricultura encontradas nessas áreas são praticamente as mesmas existentes em áreas de mata. Os autores concluíram, portanto, que os fatores ecológicos condicionantes da vegetação de cerrado são de origem edáfica e não climática, como acontece com a caatinga. Os autores prepararam ainda, cartas de aptidão agroclimáticas de diferentes culturas (café, arroz, soja, milho, amendoim, mandioca, trigo, etc) e mostraram que essas culturas, do ponto de vista climático, são perfeitamente viáveis em áreas de cerrado, bastando corrigir e adubar o solo, sem ser necessária a irrigação.

Volkweiss & Raij (1977) (*apud* Goodland & Ferri 1979) realizaram um estudo sobre “Retenção e Disponibilidade de Fósforo em Solos” e mostraram que assim como a maioria dos solos tropicais e subtropicais, os do cerrado são, em geral, extremamente pobres em fósforo disponível para as plantas. Além disso, apresentam pH baixo e altos teores de sesquióxidos de ferro e alumínio o que causa no solo uma alta capacidade de retenção do fósforo em formas pouco solúveis e de baixa disponibilidade para as plantas. Taiz & Zeiger (2006) comentam que um dos sintomas característicos da deficiência de fósforo é o crescimento reduzido das plantas. Na tabela 6, observamos que o solo do cerrado apresenta menor quantidade de fósforo (2 mg/dm³ para o cerrado e 11 mg/dm³ e 5 mg/dm³ para a caatinga) maior quantidade de ferro (115 mg/dm³ para o cerrado e 90 e 65 mg/dm³ para a caatinga), além disso, também apresentam pH mais baixo (4 para o cerrado e 4,8 e 4,7 para a caatinga). Essa alta quantidade de ferro e baixo pH, segundo o estudo de Volkweiss & Raij (1977) dificulta a absorção de fósforo pela planta, o qual já está presente em menor quantidade, causando crescimento reduzido.

Arnon e Johnson (1942) demonstraram que o crescimento vegetal não é afetado na faixa de pH entre 4 e 8, desde que haja um adequado suprimento de nutrientes para as plantas. Isso pode explicar o fato dos indivíduos da caatinga, mesmo apresentando solo ácido (pH = 4,8) se desenvolverem melhor que os do cerrado, os quais além de apresentar solo na faixa de pH mais ácido (pH = 4), apresentaram maior concentração de alumínio (36 mmol/dm³ para o cerrado e 27 mmol/dm³ e 15 mmol/dm³ para a caatinga). O íon alumínio também pode reduzir a disponibilidade de potássio, manganês e zinco, observados, todos esses, em menor quantidade nos indivíduos do cerrado.

Dados da literatura mostram que Rubiaceae, juntamente com Vochysiaceae e Melastomataceae são famílias constituídas por plantas acumuladoras de alumínio (Goodland 1979). Realizamos o teste de presença de alumínio utilizando o reagente cromo azurol-S e os resultados deram positivo para os indivíduos de ambos os ambientes. No entanto, para os indivíduos do cerrado a coloração arroxeadada (que demonstra resultado positivo) foi mais evidente que nos indivíduos da caatinga. Isso mostra que a maior concentração de alumínio nos solos do cerrado (36 mmol/dm³) comparado com a quantidade presente nos solos da caatinga (27 mmol/dm³ e 15 mmol/dm³) reflete em uma maior concentração de alumínio no xilema secundário da planta.

Esses resultados mostram que o alumínio possui fundamental importância nos solos de cerrado. O seu principal efeito é o de aumentar a acidez, a qual por sua vez, provoca deficiência nutricional. No entanto, o alumínio também diminui diretamente a disponibilidade de nutrientes críticos, como o fósforo e o potássio, ou seja, a atuação do alumínio no solo é, ainda, indireta. Embora o alumínio seja considerado um forte redutor do crescimento vegetal em solos ácidos, não encontramos dados na literatura sobre as interações de solos aluminotóxicos com a estrutura do lenho. No entanto, nossos resultados mostram que a hipótese do Escleromorfismo Oligotrófico e do Xeromorfismo Aluminotóxico, propostas com base em estudos anatômicos da folha também podem ser aplicadas para anatomia do xilema secundário.

O resultado da análise dos componentes principais mostra que a separação dos indivíduos de cada domínio é determinada pelas variáveis de largura de raios (LR) e abertura das pontuações intervasculares (API). O vetor de LR está apontando para o lado direito do gráfico, onde estão posicionados os indivíduos do cerrado. Isso se deve ao fato que esses indivíduos apresentam valores maiores para essa variável. O vetor API está apontando para o lado esquerdo do gráfico, onde estão posicionados os indivíduos da caatinga. Isso se deve ao fato que esses indivíduos apresentam valores maiores para essa variável. As variáveis que influenciaram na separação dos indivíduos ocorrentes no mesmo ambiente foram diâmetro tangencial das fibras (DTF) e comprimento dos elementos de vasos (CEV). Essas variáveis apresentaram desvio padrão alto para na caatinga quando comparado com o desvio padrão dos indivíduos do cerrado. Isso demonstra que ocorreu uma variação intraespecífica alta nos espécimes da caatinga, o que graficamente é demonstrado pela distribuição mais esparsa desses indivíduos em relação aos do cerrado.

Comparação *T. aurea* x *T. formosa*

Com relação aos caracteres anatômicos do xilema secundário de *T. aurea* e *T. formosa*, independentemente dos ambientes em que ocorrem, *T. formosa* mostra-se como uma espécie mais xeromórfica que *T. aurea*, sendo, portanto, melhor adaptada a ambientes com restrição hídrica. Isso é observado principalmente na frequência de vasos, com valor maior para *T. formosa* que *T. aurea*, no diâmetro tangencial dos vasos e nos índices de vulnerabilidade e mesomorfia que apresentaram valores menores para a mesma espécie. Além dos caracteres anatômicos

quantitativos, alguns caracteres anatômicos qualitativos também demonstram maior xeromorfismo para *T. formosa*, como por exemplo, morfologia variada dos elementos traqueais (traqueídes, vasos estreitos e vasos largos), apêndices conspícuos nos elementos de vasos, pontoações guarnecidas e fibras com pontoações areoladas.

Elementos traqueais com morfologias variadas podem ser interpretados como adaptação para segurança na condução hídrica. Se os vasos rodeados de traqueídes se embolizarem, as traqueídes podem continuar a conduzir água e o agrupamento de vasos nesse caso, não é um caráter funcionalmente vantajoso (Carlquist 2001).

As pontoações guarnecidas são definidas como pontoações com câmara da pontoação parcialmente ou completamente preenchidas por projeções da parede secundária. Aparentemente, todos os taxa com pontoações guarnecidas apresentam placa de perfuração simples (Jansen, *et al.* 2004). Essa correlação tem inspirado hipóteses funcionais de que as pontoações guarnecidas contribuem para a segurança da condução: a placa de perfuração escalariforme parece reduzir os efeitos de embolismos induzido pelo congelamento nas regiões temperadas e as pontoações guarnecidas ajudam a desfazer embolismos em regiões xéricas, com altas taxas de transpiração (Jansen *et al.*, 2003).

Fibras com pontoações areoladas são pouco encontradas em espécies tropicais (Wheeler & Baas 1991). Essas fibras são vistas como um sistema subsidiário de transporte de água no caso de embolismo para espécies que apresentam vasos exclusivamente solitários (Baas & Schweingruber 1987; Carlquist 1988), como é o caso de *T. formosa*.

Entretanto, *T. aurea* é uma espécie com alta distribuição, tanto no cerrado quanto na caatinga (ver Ratter *et al.* 2003 e Moro 2013, respectivamente) e ambos os ambientes apresentam períodos com restrição hídrica. Portanto, mesmo não apresentando estrutura anatômica do xilema secundário adaptada para segurança no transporte hídrico como *T. formosa*, *T. aurea* apresenta sucesso reprodutivo nos dois ambientes e alta distribuição. Uma das hipóteses levantadas por nós é que essa espécie possa apresentar raízes profundas, explicando assim, o alto índice de mesomorfia e vulnerabilidade, caracterizando-a como uma espécie mesófito. Nossa hipótese é corroborada quando observamos o estudo realizado por Cabral *et al.* (2004) que analisou o crescimento de plantas jovens de *T. aurea* provenientes da caatinga e submetidas a diferentes estresses hídricos. Os autores mostraram que o crescimento da parte subterrânea nos três

diferentes tipos de tratamento hídrico foi superior ao da parte aérea. Esse comportamento de maior comprimento da parte subterrânea em relação à parte aérea é caráter adaptativo comum às plantas submetidas a estresse hídrico, sendo vantajoso por permitir que as mesmas obtenham água mesmo depois da superfície do solo ter perdido a umidade durante a estação seca (Poggiani 1971; Hsiao 1973; Poggiani *et al.* 1981; Larcher 2000). Isso também é observado com frequência no cerrado, principalmente, porque o lençol freático é mais profundo em relação ao da caatinga. Além disso, outra hipótese para a presença de caracteres mesófitos dessa espécie é que na caatinga ela ocorre em áreas próximas às margens dos rios temporários (Lorenzi 1992), e consequentemente suas raízes não sentem muito o efeito do déficit hídrico.

Lindorf (1994) estudando aspectos anatômicos de 19 espécies de uma floresta seca na Venezuela observou que em algumas espécies a presença de adaptações xeromórficas como suculência e raízes profundas, como é o caso de *T. aurea*, parecia atenuar a aparência dos caracteres xeromórficos da madeira, dando, até certo ponto, características mesomórficas para esses indivíduos.

Cabe destacar ainda, como já apontado por Baas *et al.* (1983) e Carlquist (1988), que tendências ecológicas das plantas devem ser vistas em combinação com vários aspectos da sua biologia, pois a anatomia da madeira é apenas um dos mecanismos de adaptação que a planta utiliza para se ajustar ao ambiente. Portanto, devemos sempre lembrar que a evolução trabalha em muitas frentes para produzir o ajuste de um grupo vegetal a uma situação de estresse.

CONCLUSÕES

Tabebuia aurea e *Tocoyena formosa* diferem nos dois domínios fitogeográficos estudados, em relação aos caracteres anatômicos, mostrando um valor p significativo para a MANOVA.

Os indivíduos de *T. aurea* do cerrado investem mais em produção de tecido de proteção (casca) do que os indivíduos da caatinga, os quais investem mais na produção de xilema secundário e na segurança da condução hídrica pelo menor diâmetro tangencial dos vasos. Os indivíduos do cerrado investem mais em condução radial observado pela maior altura e largura

dos raios, o que supre o câmbio no início do período de atividade, mostrando nesses indivíduos camadas de crescimento mais bem definidas.

Os indivíduos de *T. formosa* do cerrado apresentaram caracteres xeromórficos mais marcantes que os indivíduos da caatinga, o que julgamos ser devido às características dos solos do cerrado, e não devido à precipitação e temperatura. Baseamos nossa hipótese pela Hipótese do Escleromorfismo Oligotrófico e do Xeromorfismo Aluminotóxico, proposta baseada na anatomia de folhas de cerrado, mas que nossos resultados mostram que podem ser aplicada para anatomia do xilema secundário.

Nossos resultados demonstram que os estudos em anatomia ecológica da madeira que seguem a linha florística, espécies distintas, pertencendo a famílias botânicas distintas e filogeneticamente distantes, como é o caso de Bignoniaceae e Rubiaceae, apresentam diferentes respostas e tendências ecológicas ao mesmo ambiente.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da bolsa de mestrado Processo Nº 2012/12855-8.

REFERÊNCIAS

Ab'Sáber, A.N. 1974. O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43: 1--39.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2013. Disponível em:
http://www.aesa.pb.gov.br/perh/relatorio_final/Capitulo%202/pdf/2.11%20-%20CaracSolo.pdf

Acesso: 05 de outubro de 2013.

Almeida, S.P., C.E.B. Proença, S.M. Sano & J. F. Ribeiro. 1998. Cerrado: espécies vegetais úteis. Embrapa, Planaltina, Distrito Federal.

Alves, E.S. & V. Angyalossy-Alfonso. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. IAWA Journal. 21: 3--30.

Alves, E.S. & V. Angyalossy-Alfonso. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Axial parenchyma, rays and fibres. IAWA Journal. 23: 391--418.

Andrade-Lima, D. 1981. The Caatingas dominium. Revista Brasileira de Botânica 4: 149-163.

Arens, K. 1958. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP. 224: 25--56.

Arens, K., M.G. Ferri & L.M. Coutinho. 1958. Papel do fator nutricional na economia d'água de plantas do cerrado. Revista de Biologia. 1: 313-324.

Aron, D.I. & C.M. Johnson. 1942. Influence of hydrogenion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. Plant Physiology. 17: 525--539.

Baas, P. 1973. The anatomy of *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. Blumea 21: 193-258.

Baas, P. 1982. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy History and perspectives. In: P. Baas (ed.), New perspectives in wood anatomy: 23--58. The Hague Martinus Nijhof Publishers, The Netherlands.

- Baas, P, E. Werker & A. Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. IAWA Bulletin n.s. 4: 141--159.
- Baas, P. & S. Carlquist. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. IAWA Journal. 6: 349--353.
- Baas, P. & H. Schweingruber. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. IAWA Bulletin n.s. 8: 245--274.
- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. IAWA Bulletin n. s. 6: 355--364.
- Barreto, J.F., J.D. Neto & S.A.R. Farias. 2010. Avaliação socioeconômica e hídrica dos municípios da sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB. Qualit@s Revista Eletrônica ISSN 1677 4280 Vol.9. No 1.
- Bosio, F., P. Soffiatti & M.R.T. Boeger. 2010. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. IAWA Journal, 31: 179--190.
- Braun, H.J. 1984. The significance of the accessory tissue of the hydrosystem for osmotic water shifting as the second principle of water ascent, with some thoughts concerning the evolution of trees. IAWA Bull. n.s. 5: 275--294.
- Bukatsch, F. 1972. Bemerkungen zur doppelfärbung astrablau-safranin. Mikrokosmos, Stuttgart, 61: 33--36.
- Cabral, E.L, D.C.A. Barbosa de & E.A. Simabukuro. 2004. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. Acta Botânica Brasílica. 18: 241--251.

- Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso*. 6: 25--44.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies in xylem evolution. University of California Press. Los Angeles.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution, a floristic approach. *American Journal of Botany*. 6: 887--896.
- Carlquist, S. 1980. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in wood anatomy and evolution. *Aliso*. 9: 499--553.
- Carlquist, S. 1982. Wood anatomy of Illicium (Illiciaceae). Phylogenetical, ecological and functional interpretations. *American Journal of Botany*. 69: 1587--1598.
- Carlquist, S. 1984. Vessel grouping in Dicotyledon wood: significance and relationship to imperforate tracheary elements. *Aliso*. 10: 505--525.
- Carlquist, S. 1985. Vasicentric tracheids as a drought survival mechanism in the woody flora of southern California and similar regions; review of vasicentric tracheids. *Aliso*. 11: 37--68.
- Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of Dicotyledon Wood. 1 Ed. Springer. Santa Barbara.
- Carlquist, S. 2001. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of Dicotyledon Wood. 2 Ed. Springer. Santa Barbara.
- Carlquist, S., D.A. Hoekman. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. *IAWA Bulletin*. 6: 319--347.

- Ceccantini, G. 1996. Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. 2013. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html> Acesso: 15 de dezembro de 2013.
- Choat, B., M. Ball., J. Luy & J. Holtum. 2003. Pit membrane porosity and water stress-induced cavitation in four co-existing dry rainforest tree species. *Plant Physiology*. 131: 41-- 48.
- Choat, B., S. Jansen, A. M. Zwieniecki, E. Smets & N. M. Holbrook. 2004. Changes in pit membrane porosity due to deflection and stretching: the role of vested pits. *Journal of Experimental Botany*. 55: 1569--1575.
- Choat, B., A. Cobb & S. Jansen. 2008. Structure and function of bordered pits: new discoveries and impacts on whole plant hydraulic function. *New Phytologist*. 177: 608--626.
- Costa, L. M., P. G. S. Nacif, O. V. Costa & N. Olszewski. 2002. Manejo dos solos da região dos cerrados. *In: Araujo, Q. R. (Org.). 500 anos de uso do solo no Brasil: 201--218*. Ilhéus, BA.
- Coutinho, L.M. 2002. O bioma do cerrado. *In: Klein, A.L. (Org.). Eugen Warming e o cerrado brasileiro: 77--92*. UNESP. Imprensa Oficial do Estado. São Paulo.
- Eiten, G. 1994. Vegetação do cerrado. *In: Pinto, M.N. (org.). Cerrado - caracterização, ocupação e perspectivas: 17—73*. Editora da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Disponível em:
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_11_2212200611540.html

Acesso: 05 de outubro de 2013.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Disponível em:
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000gdhgdwhv02wx5ok0rofsmqv90tsmc.html

Acesso: 05 de outubro de 2013.

Fahn, A., E. Werker & P. Baas. 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.

Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resins composites, and a new macerating method for wood. *Nature*. 155:51.

Goodland, R. 1979. Análise ecológica da vegetação do cerrado. *In*: Goodland, R. & Ferri, M.G. (eds.). *Ecologia do Cerrado*: 61—186. Editora Da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Goodland, R. & M.G. Ferri. 1979. *Ecologia do Cerrado*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Hsiao, T.C. 1973. Plant response to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*. 24: 519--570.

Iawa Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin n. s. 10*: 219--332.

Jansen, S., P. Baas, P. Gasson & E. Smets. 2003. Vestured pits: do they promote safer water transport? *International Journal of Plant Science*. 164 : 405--413.

- Jansen, S., P. Baas, P. Gasson, F. Lens & E. Smets. 2004. Variation in xylem structure from tropics to tundra: evidence from vestured pits. *Proceedings of the national academic science*. 101: 8833--8837.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw Hill. New York.
- Joly, A.B. 1970. *Conheça a vegetação brasileira*. Editora Polígono. São Paulo.
- Karnovsky, M.J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. *Journal of Cell Biology*. 27: 137--138.
- Kraus, J.E. & M. Arduin. 1997. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Seropédica, Rio de Janeiro.
- Kozlowski, T.T., P.J. Kramer & S.G. Pallardy. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press. San Diego.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Rima Artes e Textos, São Carlos.
- Lawes, M.J., A. Richards, J. Dathe & J.J. Midgley. 2011. Bark thickness determines fire resistance of selected tree species from fire-prone tropical savanna in north Australia. *Ecology. Plant*. 212: 2057--2069.
- Lens F., J.L. Luteyn, E. Smets, S. Jansen. 2004. Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (*Ericaceae* s.l.). *Flora* 199: 309--319.
- Lens, F., J.S. Sperry, M.A. Christman, B. Choat, D. Rabaey & S. Jansen. 2011. Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. *New Phytologist*. 190: 709--723.

- Lens, F., A. Tixier, H. Cochard, J. S. Sperry, S. Jansen & S. Herbette. 2013. Embolism resistance as a key mechanism to understand adaptive plant strategies. *Current Opinion in Plant Biology*. 16: 1--6.
- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry forest. *IAWA Journal*, 15: 361--376.
- Lima, R.S., P.L. Oliveira & L.R. Rodrigues. 2009. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. *Revista Brasileira de Botânica*. 32: 361--374.
- Lorenzi, H. 1992. *Árvores Brasileiras - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Ed. Plantarum Ltda., Nova Odessa.
- Luchi, A.E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. *Revista Brasileira de Botânica*. 27: 271--280.
- Luchi A.E., L.C.P. Silva & M.A. Moraes. 2005. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. *Revista Brasileira de Botânica*. 28: 809--820.
- Machado, S. R., S. B. Barbosa & C. J. Campos. 2005. *Cerrado Palmeira da Serra. Guia de campo ilustrado*, Editora RiMa. São Carlos
- Marcati, C.R., V. Angyalossy-Alfonso & L. Benetati. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*. 24: 311--320.
- MME - Ministério de Minas e Energia. 2005. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Águas Subterrâneas: diagnóstico do município de Serra Branca. Paraíba. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/SEERR196.pdf>

Acesso: 06 de outubro de 2013.

- Moreira, E.R.F. 1988. Mesorregiões e Microrregiões da Paraíba, delimitação e caracterização. GAPLAN, João Pessoa.
- Moro, M.F. 2013. Síntese florística e biogeográfica do domínio fitogeográfico da caatinga. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, São Paulo.
- Nefabas, L.L. & J. Gambiza. 2007. Fire-tolerance mechanisms of common woody plant species in a semiarid savanna in south-western Zimbabwe. *African Journal of Ecology*. 45: 550--556.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*. 34: 3--51.
- Oever, L. van den. P. Baas & M. Zandee. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. *IAWA Bulletin n.s.* 2: 3--24.
- Oliveira, D. 2010. O solo sob nossos pés. Editora atual. São Paulo.
- Oliveira, R.S. 2013. Can hydraulic traits be used to predict sensitivity of drought-prone forests to crown decline and tree mortality? *Plant Soil*. 364:1--3
- Oliveira-Filho, A.T. & J.A. Ratter. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). *The cerrados of Brazil*. Columbia University Press. New York. 91--120.
- Pereira, M.S. & M.R.V. Barbosa. 2004. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Subfamílias Antirheoideae, Cinchonoideae e Ixoroideae. *Acta Botânica Brasílica*. 18: 305--318.

- Pinard, M.A & J. Huffman. 1997. Fire resistance and bark properties of trees in a seasonally dry forest in eastern Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*. 13: 727--740.
- Poggiani, F. 1971. Estudo do crescimento e da atividade AIA-oxidásica em algumas espécies do cerrado. 201-211. *In* Ferri, M.G. (ed.). III Simpósio sobre o cerrado. Ed. Edgar Blucher e EDUSP, São Paulo.
- Poggiani, F., I.W. Simões & I.M.A. Mendes-Filho. 1981. Utilização de espécies florestais de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas. *Série Técnica 2*: 1--25.
- Prado, A.L. 1987. Revisão taxonômica do gênero *Tocoyena* Aubl. (Rubiaceae) no Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Prado, D.E. 2003. As caatingas da América do Sul. *In*: Leal, I.R., M. Tabarelli & J. M. C. Silva (Eds.). *Ecologia e conservação da caatinga*. Ed. Universitária da UFPE. Recife.
- Queiroz, L.P. 2009. *Leguminosas da caatinga*. Feira de Santana: Multimídia Indústria, Comércio e Editora Ltda.
- Ratter, J.A., S. Bridgewater & J.F. Ribeiro. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany*. 60: 57--109.
- Robards, A.W. 1978. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cells. *In*: J. L. Hall. (eds.). *Electron Microscopy and Cytochemistry of Plant Cells*. Elsevier. New York.
- Roeser, K.R. 1972. Die nadel der schwarzkiefer. massenprodukt und kunstwerk der Natur. *Mikrokosmos*, Stuttgart. 61: 33--36.

- Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*. 1: 3--55.
- Sass, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. 2^o ed. Ames: The Iowa State College Press.
- Sampaio, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. *In*: Bullock, S. H., H. A. Mooney, E. Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forests*: 35--63. Cambridge University Press. Cambridge.
- Silva, F.A.M., E. D. Assad & B.A. Evangelista. 2008. Caracterização climática do bioma cerrado. *In*: Sano, S.M., S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. 1: 71--88. Embrapa, Brasília.
- Sonsin, J.O., G.E. Gasson, C.F. Barros & C.R. Marcati. 2012. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerado *s.s* and adjacent gallery forest). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1--20.
- Sperry, J. S., N. Z. Saliendra, W.T. Pockman, H. Cochard, P. Cruiziat, S.D. Davis, F.W. Ewers & M.T. Tyree. 1996. New evidence for large negative xylem pressures and their measurement by the pressure chamber method. *Plant, Cell and Environment*. 19: 27--436.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 2006. *Fisiologia vegetal*. 3 Ed. Artmed. Porto Alegre.
- Wheeler, E.A. 1986. Vessels per square millimetre or vessel groups per square millimeter? *IAWA Bulletin n.s.* 7: 73--74.
- Wheeler, E.A. & P. Baas. 1991. A survey of the fossil record for Dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin. n.s.* 12: 275--332.

- Wheeler, J.K., J.S. Sperry, U.G. Hacke & N. Hoang. 2005. Intervessel pitting and cavitation in woody Rosaceae and other vesselled plants: a basis for a safety versus efficiency trade-off in xylem transport. *Plant, Cell & Environment*. 28: 800--812.
- Zhong, Y., P. Baas & E.A. Wheeler. 1992. Wood anatomy of trees and shrubs from china. IV. Ulmaceae. *IAWA Bulletin*. n.s. 13: 419--453.
- Zimmermann, M.H. 1978. Vessel ends and the disruption of water flow in plants. *Phytopathology* 68: 253--255.
- Zimmermann, M.H. 1983. Xylem structure and the ascent of sap. Springer, Berlin Heidelberg, New York.

Tabela 1. Locais de coleta dos indivíduos de *T. aurea* no cerrado paulista e na caatinga paraibana com número do coletor e características de cada indivíduo.

Espécie/Domínio fitogeográfico	Local de coleta	Hábito	Circunferência do caule
LD 21 – <i>Tabebuia aurea</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 49,336'S 48° 44,845'W)	Árvore de aproximadamente 3,0 m de altura	35,0 cm
LD 23 – <i>Tabebuia aurea</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 47,547'S 48° 39,341'W)	Árvore de aproximadamente 5,0 m de altura	62,0 cm
LD 24 – <i>Tabebuia aurea</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 47,450'S 48° 39,332'W)	Árvore de aproximadamente 7,0 m de altura	78,0 cm
LD 30 – <i>Tabebuia aurea</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 47,504'S 48° 39,289'W)	Árvore de aproximadamente 6,0 m de altura	53,5 cm
LD 31 – <i>Tabebuia aurea</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 47,499'S 48° 39,287'W)	Árvore de aproximadamente 7,0 m de altura	63,0 cm
LD 15 – <i>Tabebuia aurea</i> Caatinga	Município de São João do Cariri, Paraíba (07° 23,549'S 36° 31,652'W)	Árvore de aproximadamente 10,0 m de altura	40,5 cm
LD 17 – <i>Tabebuia aurea</i> Caatinga	Município de São João do Cariri, Paraíba (07° 23,563'S 36° 31,639'W)	Árvore de aproximadamente 6,0 m de altura	41,5 cm
LD 18 – <i>Tabebuia aurea</i> Caatinga	Município de São João do Cariri, Paraíba (07° 22,667'S 36° 31,330'W)	Árvore de aproximadamente 5,5 m de altura	68,0 cm
LD 19 – <i>Tabebuia aurea</i> Caatinga	Município de São João do Cariri, Paraíba (07° 22,642'S 36° 31,308'W)	Árvore de aproximadamente 7,0 m de altura	72,5 cm
LD 20 – <i>Tabebuia aurea</i> Caatinga	Município de São João do Cariri, Paraíba (07° 22,633'S 36° 31,301'W)	Árvore de aproximadamente 4,0 m de altura	53,0 cm

Tabela 2. Locais de coleta dos indivíduos de *T. formosa* no cerrado paulista e na caatinga paraibana com número do coletor e características de cada indivíduo.

Espécie/Domínio fitogeográfico	Local de coleta	Hábito	Circunferência do caule
LD 25 - <i>Tocoyena formosa</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 49,068'S 48° 44,698'W)	Arvoreta de aproximadamente 2,5 m de altura	10,0 cm
LD 26 - <i>Tocoyena formosa</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 49,057'S 48° 44,688'W)	Arvoreta de aproximadamente 2,5 m de altura	10,5 cm
LD 27 - <i>Tocoyena formosa</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 49,031'S 48° 44,717'W)	Arvoreta de aproximadamente 2,0 m de altura	13,0 cm
LD 28 - <i>Tocoyena formosa</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 49,012'S 48° 44,717'W)	Arvoreta de aproximadamente 2,0 m de altura	13,0 cm
LD 29 - <i>Tocoyena formosa</i> Cerrado	Município de Pratânia, São Paulo (22° 49,391'S 48° 44,805'W)	Arvoreta de aproximadamente 2,0 m de altura	11,0 cm
LD 09 - <i>Tocoyena formosa</i> Caatinga	Município de Serra Branca, Paraíba (07° 29,735'S 36° 43,947'W)	Arvoreta de aproximadamente 4,0 m de altura	29,0 cm
LD 11 - <i>Tocoyena formosa</i> Caatinga	Município de Serra Branca, Paraíba (07° 29,761'S 36° 43,959'W)	Arvoreta de aproximadamente 3,0 m de altura	17,0 cm
LD 12 - <i>Tocoyena formosa</i> Caatinga	Município de Serra Branca, Paraíba (07° 29,698'S 36° 43,790'W)	Arvoreta de aproximadamente 3,0 m de altura	14,0 cm
LD 13 - <i>Tocoyena formosa</i> Caatinga	Município de Serra Branca, Paraíba (07° 29,759'S 36° 43,842'W)	Arvoreta de aproximadamente 4,0 m de altura	21,0 cm
LD 14 - <i>Tocoyena formosa</i> Caatinga	Município de Serra Branca, Paraíba (07° 29,738'S 36° 43,954'W)	Arvoreta de aproximadamente 3,0 m de altura	18,0 cm

Tabela 3. Caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário do caule de *T. aurea* ocorrente em área de cerrado e de caatinga. CEV = comprimento dos elementos de vaso; DTV = diâmetro tangencial dos vasos; FV = frequência de vasos; IG = índice de agrupamento dos vasos; CF = comprimento das fibras; DTF = diâmetro tangencial das fibras; DTLF = diâmetro tangencial do lúmen das fibras; EPF = espessura da parede das fibras; AR = altura de raios; AR.1 = altura de raios em número de células; LR = largura de raios; LR.1 = largura de raios em número de células; FR = frequência de raios; PI = diâmetro das pontoações intervasculares; API = abertura das pontoações intervasculares; PR = diâmetro das pontoações radio-vasculares; APR = abertura das pontoações radio-vasculares; V = índice de vulnerabilidade; M = índice de mesomorfia. Os caracteres anatômicos que apresentaram diferenças estatisticamente significativas em nível de 5% de probabilidade estão indicados por asteriscos (*) e com seus respectivos valores de p.

Caracteres anatômicos	<i>T. aurea</i> caatinga	<i>T. aurea</i> cerrado	Teste t (valor p)
CEV (µm)	259,04 ± 7,50	271,01 ± 32,95	0.7057
DTLV (µm)	89,63 ± 9,17	106,91 ± 12,70	0.04167*
FV (nº/mm ²)	8,92 ± 3,05	10,95 ± 2,95	0.3162
IG (nº/grupo)	1,45 ± 0,10	1,86 ± 0,49	0.1319
CF (µm)	799,79 ± 75,80	839,92 ± 72,14	0.416
DTF (µm)	16,27 ± 0,54	17,19 ± 1,14	0.1548
DTLF (µm)	8,49 ± 0,34	8,42 ± 1,04	0.8859
EPF (µm)	3,89 ± 0,13	4,39 ± 0,48	0.07796
AR (µm)	139,74 ± 16,19	200,30 ± 28,10	0.005087*
AR.1 (nº cel.)	6,72 ± 0,69	7,93 ± 1,48	0.1492
LR (µm)	20,60 ± 6,46	29,76 ± 4,06	0.03259*
LR.1 (nº cel.)	1,39 ± 0,16	1,68 ± 0,16	0.02064*
FR (nº/mm)	13,93 ± 1,93	10,25 ± 1,05	0.009145*
PI (µm)	4,62 ± 0,54	5,88 ± 0,37	0.003519*
API (µm)	2,42 ± 0,17	2,57 ± 0,29	0.3674
PR (µm)	4,01 ± 0,26	4,53 ± 0,27	0.01571*
APR (µm)	2,45 ± 0,30	2,89 ± 0,37	0.07825
V	12,06 ± 7,56	10,32 ± 2,94	0.4943
M	3124,78 ± 1935,59	2809,98 ± 962,99	0.4094

Tabela 4. Análise dos solos de cerrado, município de Pratânia, SP, e caatinga, município de São João do Cariri, PB, onde estão os indivíduos de *T. aurea*. pH = potencial de hidrogênio; M.O. = matéria orgânica; P_{resina} = fósforo; H+Al = acidez potencial; Ca = cálcio; Mg = magnésio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação/base; S = enxofre; CaCl₂ = cloreto de cálcio; g/dm³ = grama/decímetro cúbico; mg/dm³ = miligrama/decímetro cúbico; mmol/dm³ = milimol de carga/decímetro cúbico; g/kg = grama/quilograma.

Cerrado													
Análise Física	Areia			Argila	Silte	Textura							
	Grossa	Fina	Total										
	g/kg												
	---	---	861	99	40	arenosa							
Micronutrientes	Boro	Cobre	Ferro	Manganês		Zinco							
	mg/dm ³												
	0,21	0,7	115	1,2		0,2							
Fertilidade	pH	M.O.	P _{resina}	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S		
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³									
	4	6	2	36	0,3	1	0	2	38	5	---		
Caatinga													
Análise Física	Amostras	Tipo de solo	Areia			Argila	Silte	Textura					
			Grossa	Fina	Total								
	g/kg												
	LD18, LD19, LD20	1	---	---	616	185	199	Média					
	LD15 LD17	2	---	---	948	27	25	Arenosa					
Micronutrientes	Amostras	Tipo de solo	Boro	Cobre	Ferro	Manganês		Zinco					
			mg/dm ³										
		LD18, LD19, LD20	1	0,37	4,8	133	26	1,1					
	LD15, LD17	2	0,09	0,3	9	4,5	0,1						
Fertilidade	Amostras	Tipo de solo	pH	M.O.	Presina	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
			CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³							
		LD18, LD19, LD20	1	5,4	13	59	29	2,5	98	75	175	204	86
	LD15, LD17	2	5,7	4	22	6	1,4	20	9	91	37	84	3

Tabela 5. Caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário do caule de *T. formosa* ocorrente em área de cerrado e de caatinga. CEV = comprimento dos elementos de vaso; DTV = diâmetro tangencial dos vasos; FV = frequência de vasos; IG = índice de agrupamento dos vasos; CF = comprimento das fibras; DTF = diâmetro tangencial das fibras; DTLF = diâmetro tangencial do lúmen das fibras; EPF = espessura da parede das fibras; AR = altura de raios; AR.1 = altura de raios em número de células; LR = largura de raios; LR.1 = largura de raios em número de células; FR = frequência de raios; PI = diâmetro das pontoações intervasculares; API = abertura das pontoações intervasculares; PR = diâmetro das pontoações radio-vasculares; APR = abertura das pontoações radio-vasculares; V = índice de vulnerabilidade; M = índice de mesomorfia. Os caracteres anatômicos que apresentaram diferenças estatisticamente significativas a nível de 5% de probabilidade estão indicados por asteriscos (*), com seus respectivos valores de p.

Caracteres anatômicos	<i>T. formosa</i> caatinga	<i>T. formosa</i> cerrado	Teste t (valor p)
CEV (µm)	557,70 ± 108,95	466,09 ± 57,80	0.1471
DTLV (µm)	48,43 ± 1,90	44,43 ± 3,29	0.05365
FV (nº/mm ²)	52,64 ± 9,62	81,32 ± 17,16	0.01614*
IG (nº/grupo)	1,20 ± 0,05	1,46 ± 0,07	0.0002186*
CF (µm)	1146,91 ± 125,23	1052,57 ± 87,69	0.2092
DTF (µm)	21,35 ± 2,10	22,30 ± 0,76	0.3832
DTLF (µm)	7,92 ± 0,82	8,28 ± 1,09	0.5769
EPF (µm)	6,71 ± 0,68	7,01 ± 0,28	0.4058
AR (µm)	549,89 ± 64,84	575,00 ± 15,15	0.4422
AR.1 (nº cel.)	11,76 ± 1,47	13,00 ± 1,87	0.2777
LR (µm)	22,96 ± 2,57	23,50 ± 8,0	0.8928
LR.1 (nº cel.)	1,30 ± 0,11	1,54 ± 0,27	0.1246
FR (nº/mm)	19,36 ± 1,45	17,78 ± 0,76	0.07404
PI (µm)	4,54 ± 0,58	4,52 ± 0,21	0.9394
API (µm)	1,71 ± 0,20	1,53 ± 0,23	0.2376
PR (µm)	4,07 ± 0,19	4,38 ± 0,09	0.01685*
APR (µm)	1,56 ± 0,09	1,81 ± 0,27	0.1106
V	0,94 ± 0,15	0,57 ± 0,16	0.005203*
M	528,69 ± 142,13	259,85 ± 42,68	0.01108*

Tabela 6. Análise dos solos de cerrado, município de Pratânia, SP, e caatinga, município de Serra Branca, PB, onde estão os indivíduos de *T. formosa*. pH = potencial de hidrogênio; M.O. = matéria orgânica; P_{resina} = fósforo; H+Al = acidez potencial; Ca = cálcio; Mg = magnésio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação/base; S = enxofre; CaCl₂ = cloreto de cálcio; g/dm³ = grama/decímetro cúbico; mg/dm³ = miligrama/decímetro cúbico; mmolc/dm³ = milimol de carga/decímetro cúbico; g/kg = grama/quilograma.

Cerrado											
		Areia			Argila	Silte	Textura				
		Grossa	Fina	Total							
Análise Físicag/kg.....										
	---	---	861	99	40	arenosa					
		Boro	Cobre	Ferro	Manganês		Zinco				
	mg/dm ³									
Micronutrientes	0,21	0,7	115	1,2		0,2					
	pH	M.O.	Presina	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
Fertilidade	CaCl ₂mmol/dm ³									
	4	6	2	36	0,3	1	0	2	38	5	----

Caatinga														
		Amostras	Tipo de solo	Areia			Argila	Silte	Textura					
				Grossa	Fina	Total								
Análise Físicag/kg.....													
	LD09, LD11, LD14	1	---	---	727	115	158	Arenosa						
	LD12 LD13	2	---	---	921	36	43	Arenosa						
		Amostras	Tipo de solo	Boro	Cobre	Ferro	Manganês		Zinco					
			mg/dm ³										
Micronutrientes	LD09, LD11, LD14	1	0,17	0,3	90	3,1	0,5							
	LD12, LD13	2	0,13	0,2	65	8,0	0,3							
		Amostras	Tipo de solo	pH	M.O.	Presina	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
				CaCl ₂mmol/dm ³									
Fertilidade	LD09, LD11, LD14	1	4,8	17	11	27	1,4	14	3	18	45	40	3	
	LD12, LD13	2	4,7	8	5	15	1,1	7	3	11	26	42	5	

Fig. 1. Áreas de coleta na caatinga paraibana e no cerrado paulista.

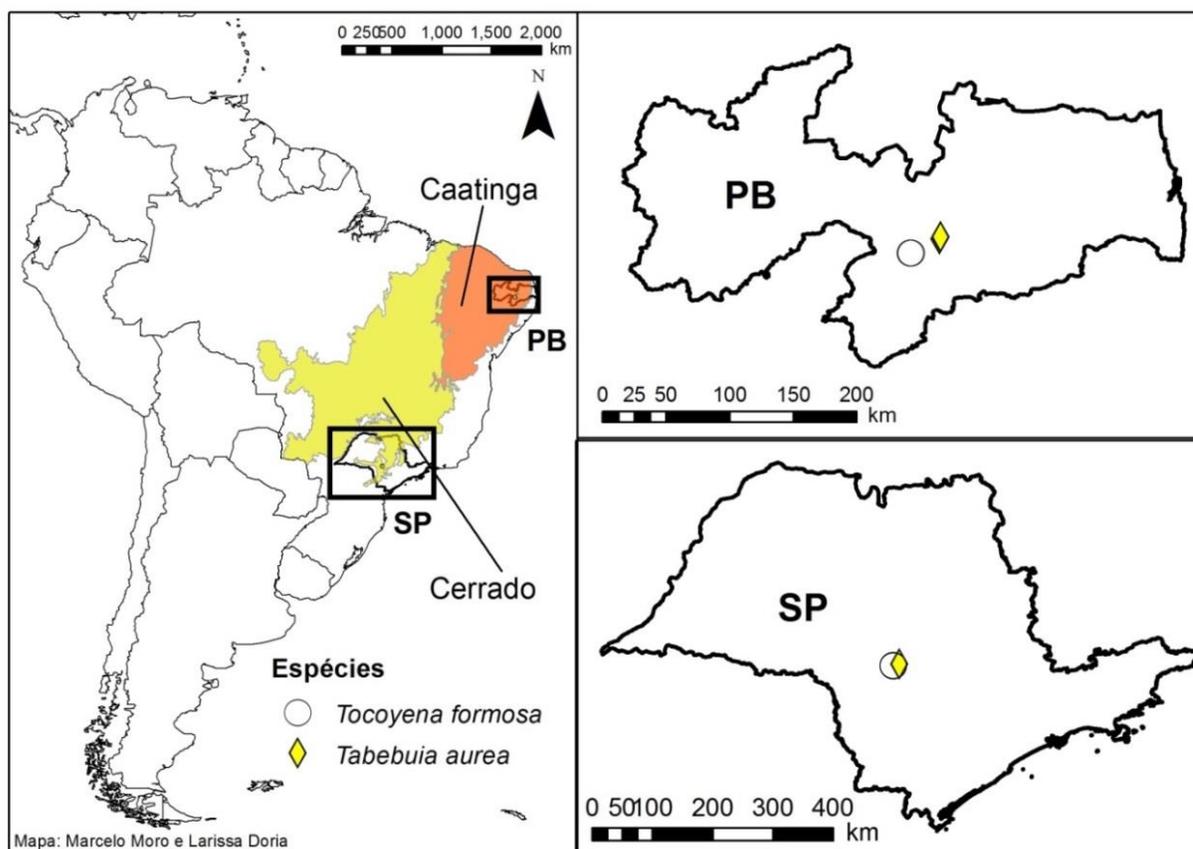


Fig. 2--5. Áreas de coleta no cerrado paulista e na caatinga paraibana. -- 2, 3: área de coleta no cerrado paulista. Reserva Particular de Cerrado Palmeira da Serra, Município de Pratânia, São Paulo. -- 4: área de coleta de *Tabebuia aurea* na caatinga paraibana. Município de São João do Cariri, Paraíba. -- 5: área de coleta de *Tocoyena formosa* na caatinga paraibana. Município de Serra Branca, Paraíba.



Fig. 6--9: *Tabebuia aurea* ocorrente no cerrado paulista.-- 6: indivíduo de *Tabebuia aurea* no local de coleta. -- 7: detalhe da folha composta. -- 8: detalhe do fruto. -- 9: detalhe da inflorescência no indivíduo sem folhas.



Fig. 10--13. *Tabebuia aurea* ocorrente na caatinga paraibana. – 10, 13: indivíduos de *Tabebuia aurea* nos locais de coleta. -- 11: Detalhe da folha composta. -- 12: detalhe do tronco.



Fig. 14--16: *Tocoyena formosa* ocorrente no cerrado paulista. -- 14: indivíduo no local de coleta.
– 15, 16: detalhe da inflorescência.



Fig. 17--19: *Tocoyena formosa* ocorrente na caatinga paraibana. -- 17: indivíduo no local de coleta. -- 18: detalhe do fruto. -- 19: detalhe da flor.



Fig. 20. Precipitação e temperatura da região de cerrado no município de Pratânia, SP, com médias referentes aos anos de 2000 a 2012.

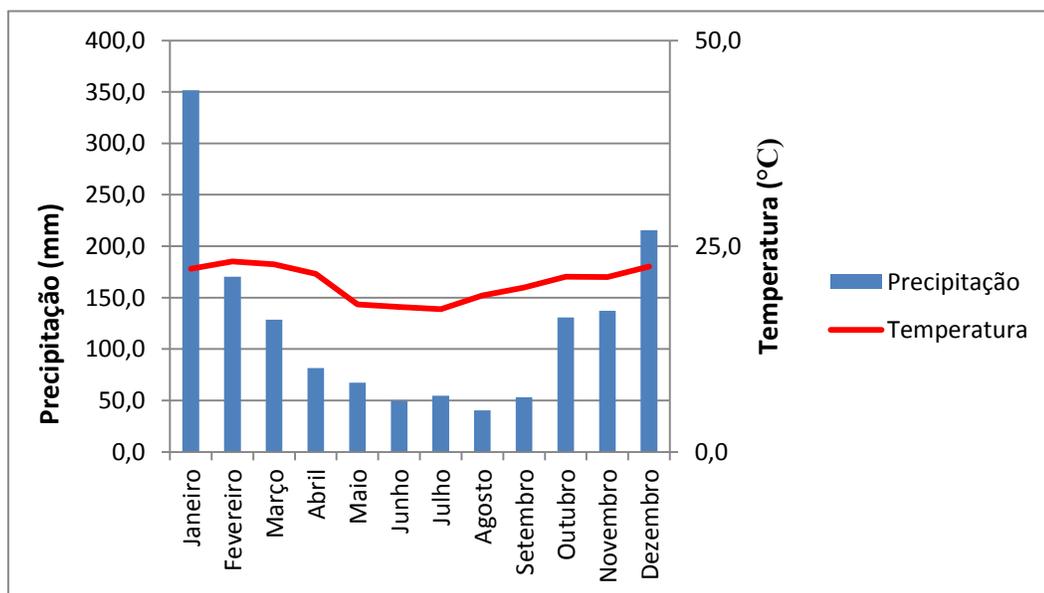


Fig. 21. Precipitação e temperatura da região de caatinga no município de São João do Cariri e Serra Branca, PB, com médias referentes aos anos de 2000 a 2012.

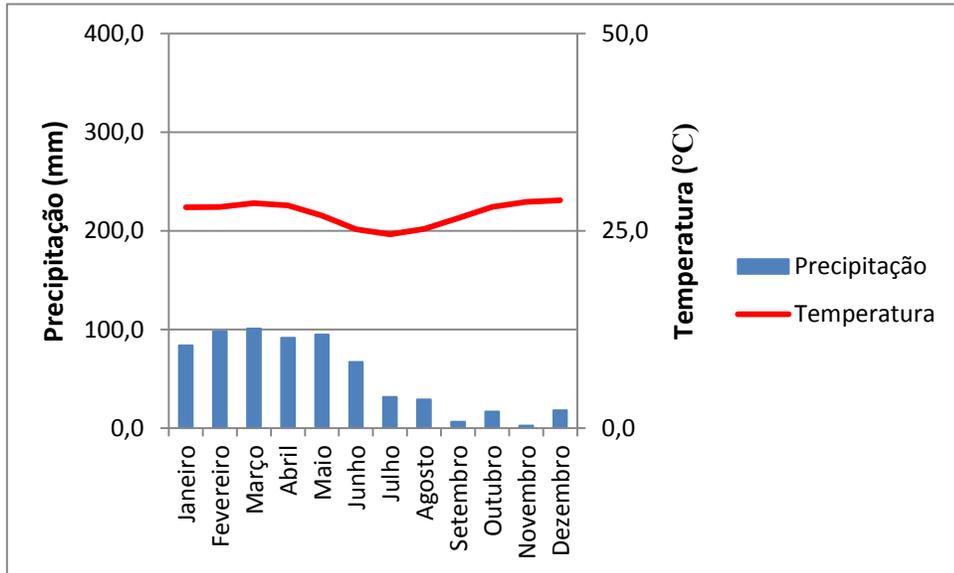


Fig. 22--25: Secções transversais do xilema secundário de *T. aurea* comparando caatinga com cerrado mostrando os marcadores de crescimento em vista macroscópica. -- 22. Faixa marginal de parênquima axial contínua (seta aberta) e interrompida (seta fechada) em indivíduo da caatinga. -- 23. Linha marginal de parênquima axial bifurcada (seta) em indivíduo do cerrado. -- 24. Faixa marginal de parênquima axial interrompida (seta) em indivíduo da caatinga -- 25. Linhas marginais de parênquima axial (setas) em indivíduo do cerrado. -- Barras: 22, 23 = 1 mm; 24, 25 = 2 mm.

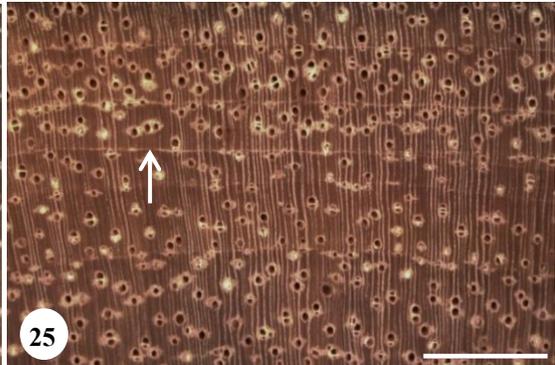
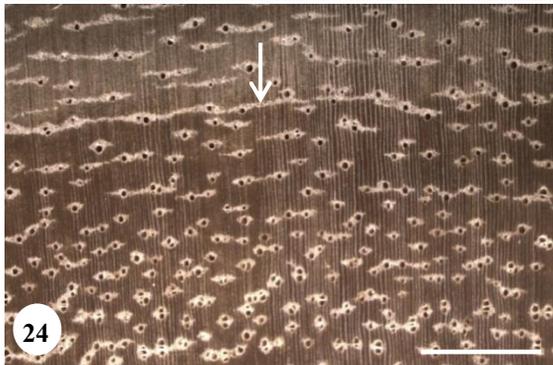
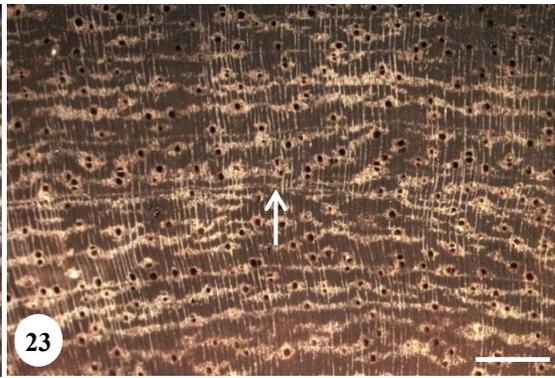
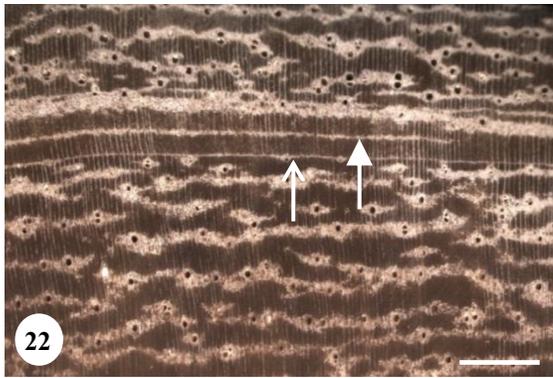


Fig. 26--29: Fotomicrografias de secções transversais do xilema secundário de *T. aurea* comparando caatinga com cerrado. -- 26: Linha marginal de parênquima axial (seta) e paratraqueal, vasos solitários e múltiplos em indivíduo da caatinga. -- 27: Faixas marginais de parênquima axial (setas) e paratraqueal, vasos solitários e múltiplos em indivíduo do cerrado. -- 28: Detalhe mostrando vasos solitários e múltiplos de dois e parênquima axial confluyente em indivíduo da caatinga. -- 29: Detalhe mostrando vasos solitários, múltiplos radiais (seta aberta), arranjo racemiforme (seta fechada) e parênquima axial em linha e paratraqueal em indivíduo do cerrado. -- Barras: 26, 27 = 500 μm ; 28, 29 = 200 μm .

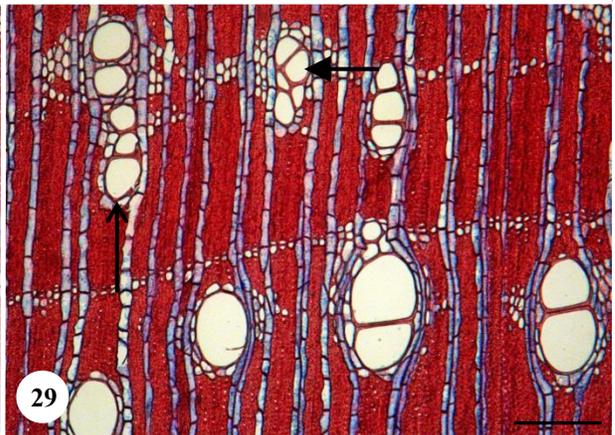
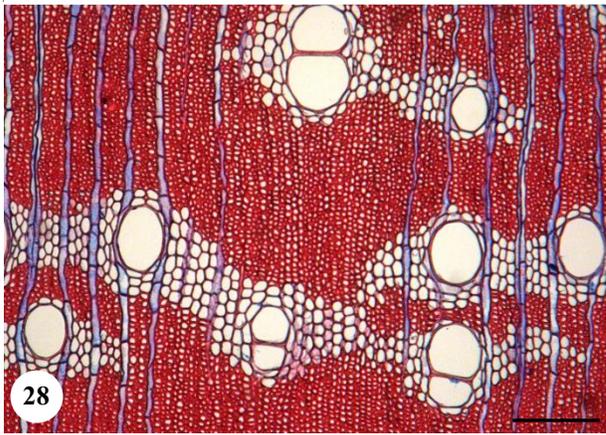
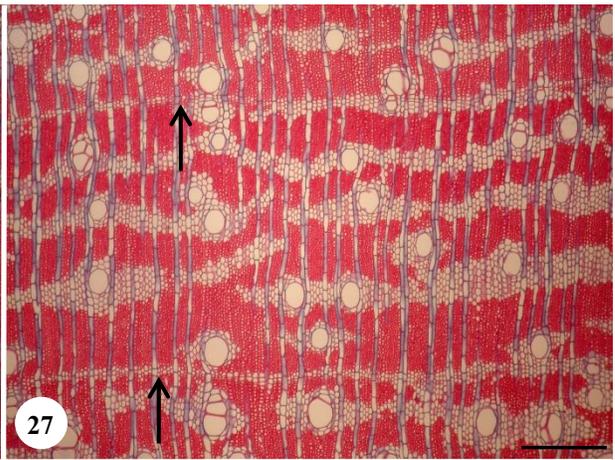
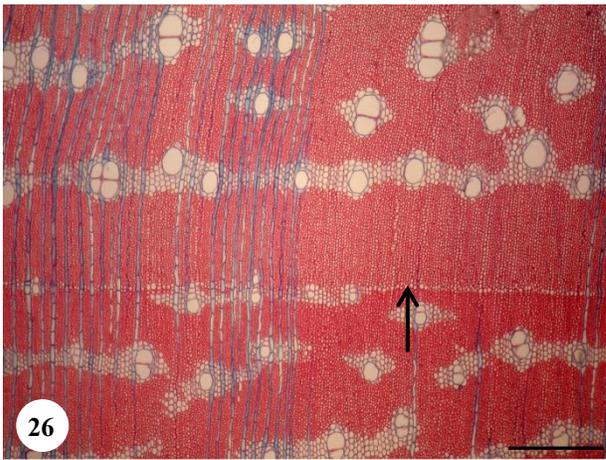


Fig. 30--35: Material dissociado de *T. aurea* mostrando diferentes morfologias dos elementos de vasos com placas de perfuração simples e apêndices (setas). -- Barras: 30 = 100 μm ; 31 - 35 = 200 μm .

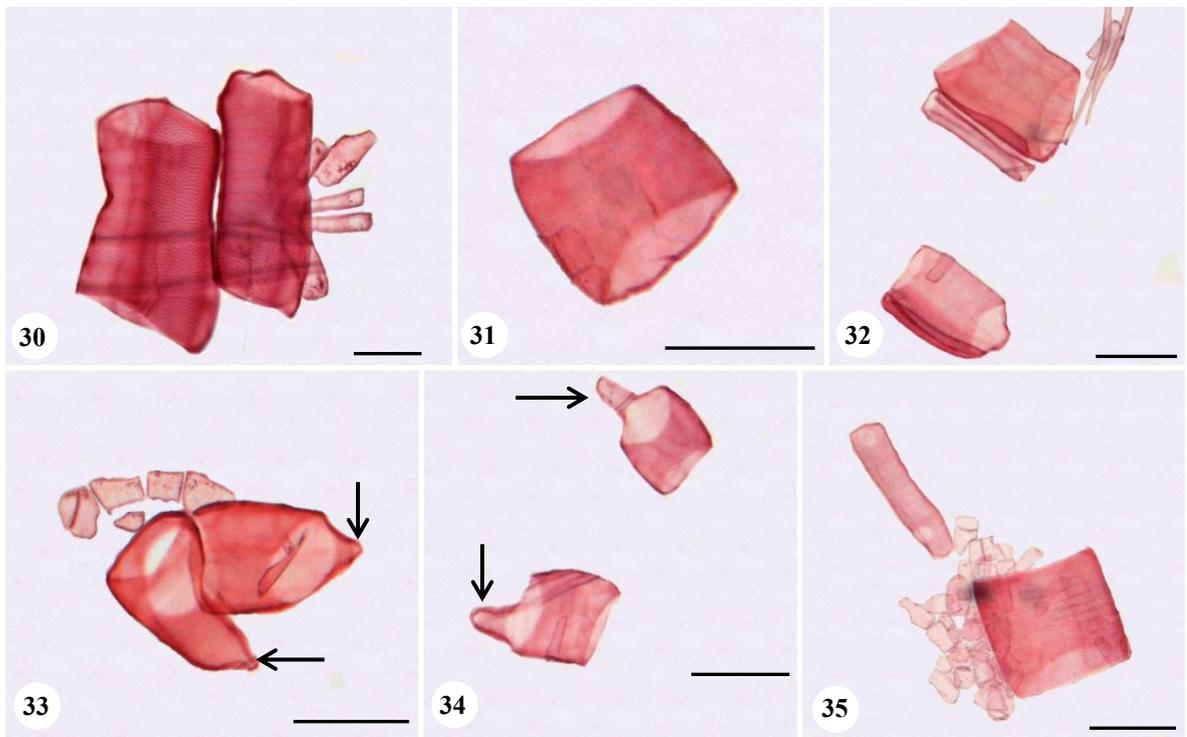


Fig. 36--39: Fotomicrografias do xilema secundário de *T. aurea*. -- 36: Secção longitudinal radial. Detalhe da placa de perfuração simples com borda não pontuada. -- 37: Secção longitudinal tangencial. Pontoações intervasculares alternas de formato circular. -- 38, 39: Secções longitudinais radiais. -- 38: Pontoações radio-vasculares com aréolas distintas semelhantes às intervasculares. -- 39: Pontoações das fibras de simples a diminutas. -- Barras = 20 μm .

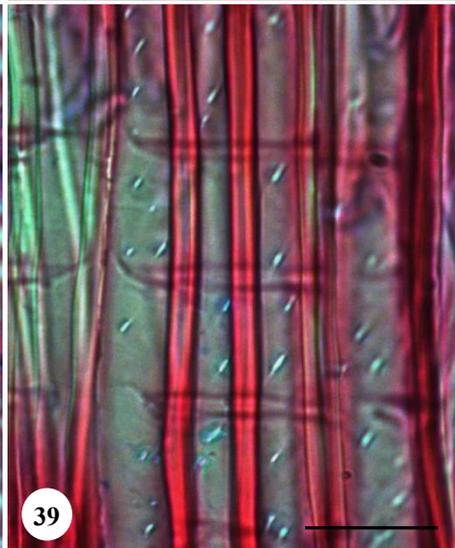
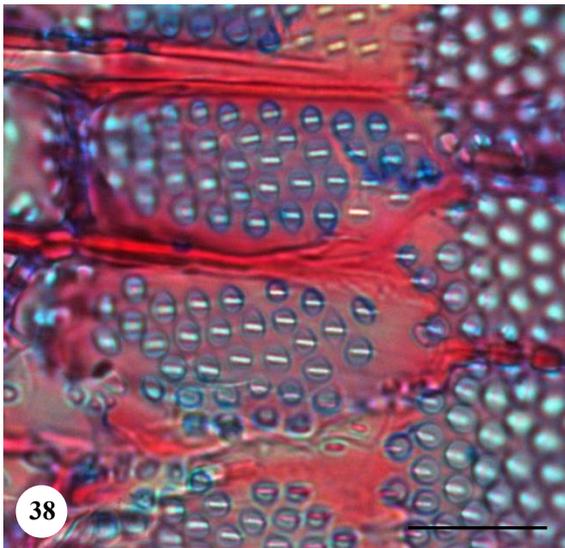
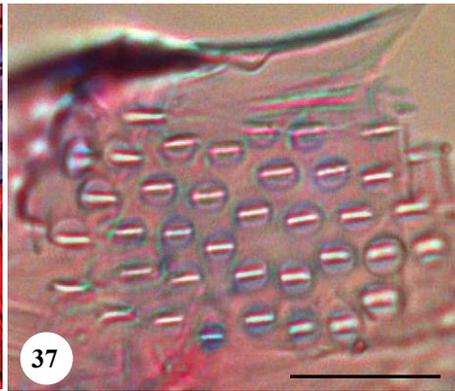
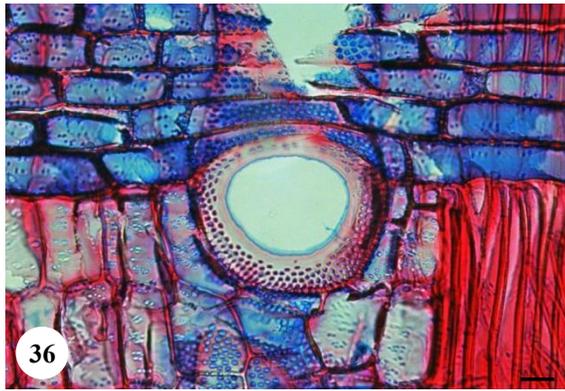


Fig. 40--42: Eletromicrografias de varredura do xilema secundário de *T. aurea* mostrando elementos de vaso com placas de perfuração foraminada. -- Barras: 40 = 100 μm ; 41, 42 = 50 μm .

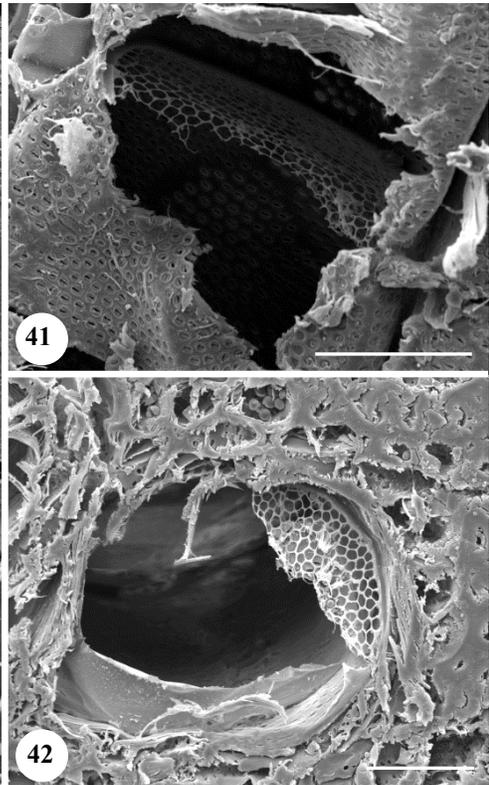
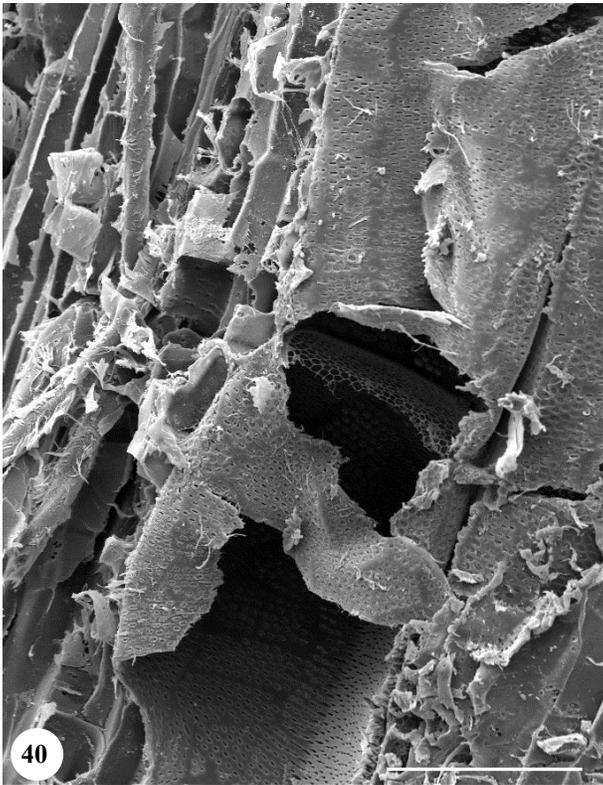


Fig. 43--45: Fotomicrografias do xilema secundário de *T. aurea*. -- 43, 44: Secções transversais. -- 43: Parênquima axial paratraqueal confluyente em trechos longos (setas abertas) e em linha (seta fechada). -- 44: Parênquima axial paratraqueal confluyente (seta aberta) e aliforme simples losangular (seta fechada). -- 45: Secção longitudinal tangencial mostrando 2 (seta fechada) e 4 (seta aberta) células por série parenquimática, e estratificação de raios, vaso (V) e parênquima axial. -- Barras: 43 = 500 μm ; 44, 45 = 200 μm .

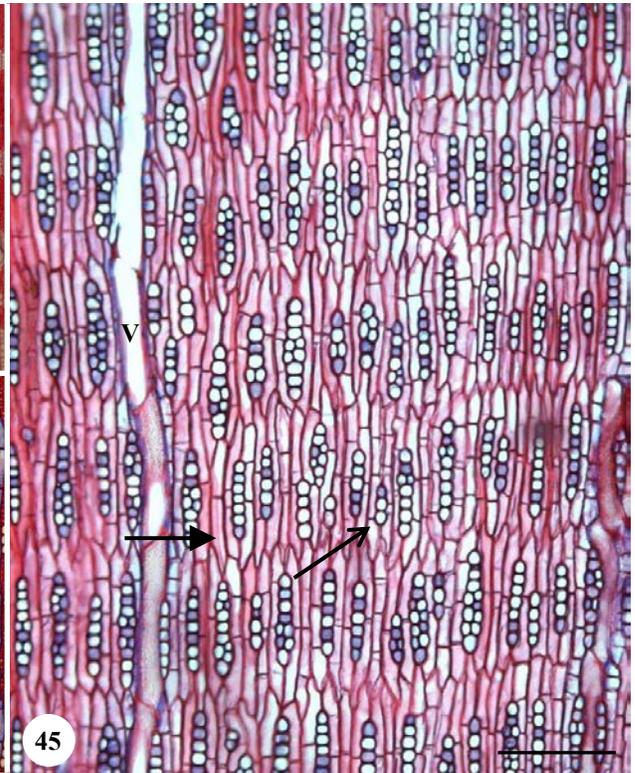
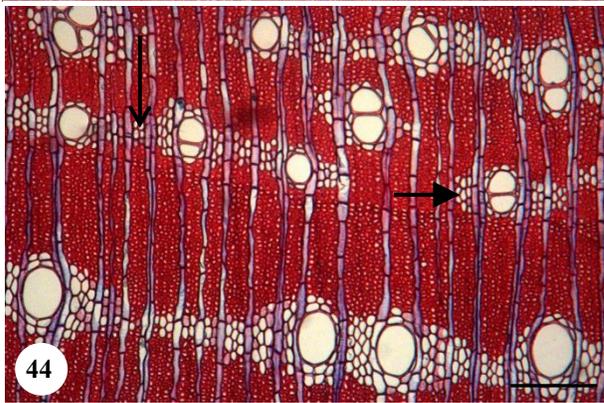
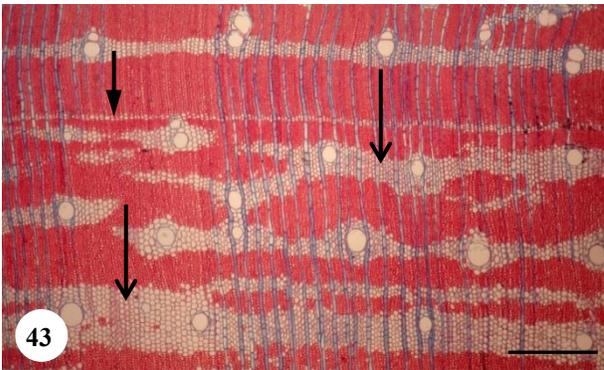


Fig. 46--49: Fotomicrografias do xilema secundário de *T. aurea* comparando caatinga com cerrado. – 46, 47: Secções longitudinais tangenciais. -- 46: Raios predominantemente unisseriados e estratificação de raios em indivíduo da caatinga. -- 47: Raios predominantemente bisseriados e estratificação irregular de raios em indivíduo do cerrado. – 48, 49: Secções longitudinais radiais. -- 48: Raios homogêneos, compostos por células procumbentes em indivíduo da caatinga. -- 49: Raios homogêneos, compostos por células procumbentes em indivíduo do cerrado. – Barras: 46, 48 = 150 μm ; 47 = 200 μm ; 49 = 250 μm .

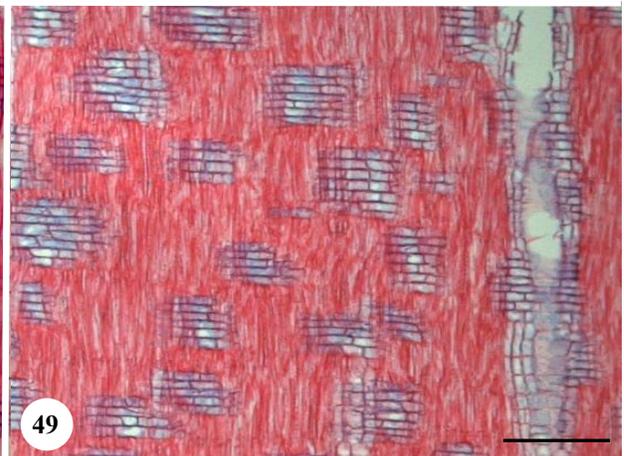
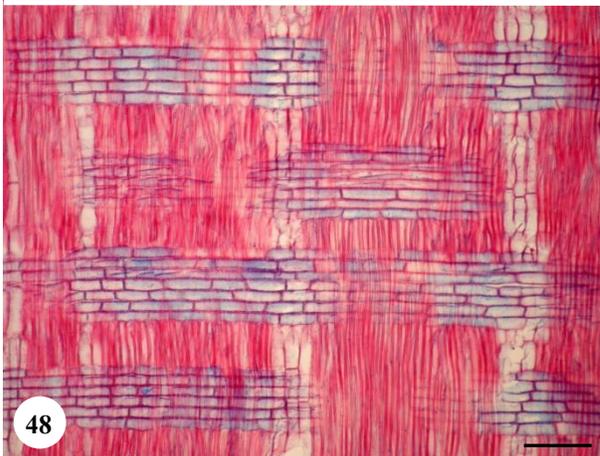


Fig. 50--51: Visão macroscópica da casca de *T. aurea* comparando caatinga com cerrado. -- 50: Casca de indivíduo da caatinga. A seta indica delimitação entre periderme e floema. -- 51: Casca de indivíduo do cerrado. A seta indica delimitação entre periderme e floema. -- Barras = 1cm.



Fig. 52. Resultado da análise dos componentes principais com as variáveis anatômicas do xilema secundário de *T. aurea* que mostraram menores correlações. O eixo 1 explica 36% da variação e o eixo 2 explica 23% da variação. CEV = comprimento dos elementos de vaso (μm); IG = índice de agrupamento (nº/grupo); FV = frequência de vasos (nº/grupo); AR = altura de raios (μm); PR = diâmetro das pontoações radio-vasculares (μm); DTF = diâmetro tangencial das fibras (μm); DTLF = diâmetro tangencial do lúmen das fibras (μm); CF = comprimento das fibras (μm). Os pontos em preto representam os indivíduos da caatinga e os pontos em cinza representam os indivíduos do cerrado.

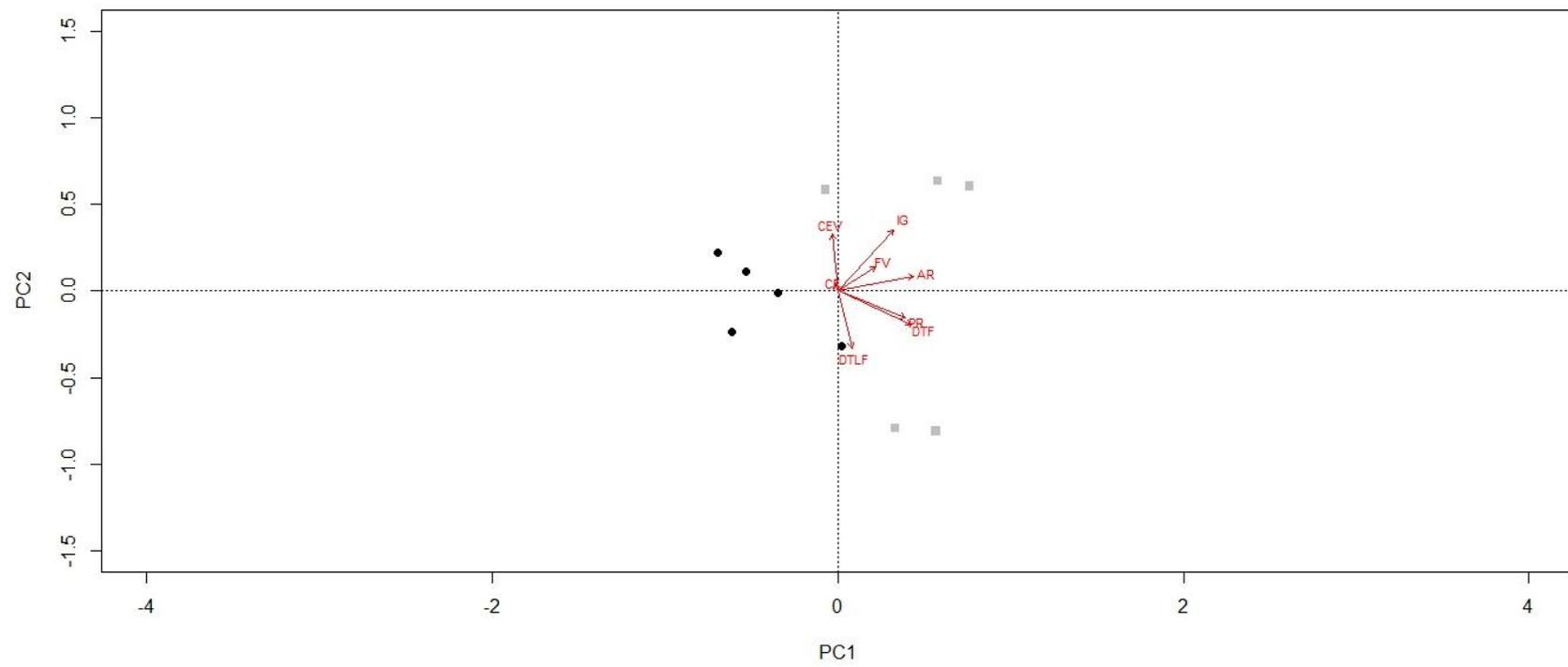


Fig. 53--56: Secções transversais do xilema secundário de *T. formosa* comparando caatinga com cerrado mostrando os marcadores de crescimento (zonas fibrosas, setas) em vista macroscópica. - -- 53, 55: marcadores mais evidentes em indivíduos da caatinga. - 54, 56: marcadores menos evidentes em indivíduos do cerrado. -- Barras = 2 mm.

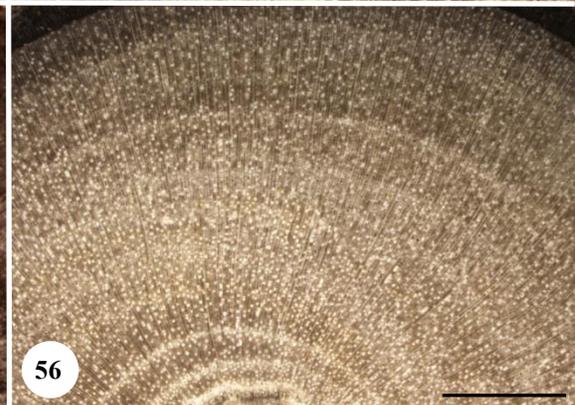
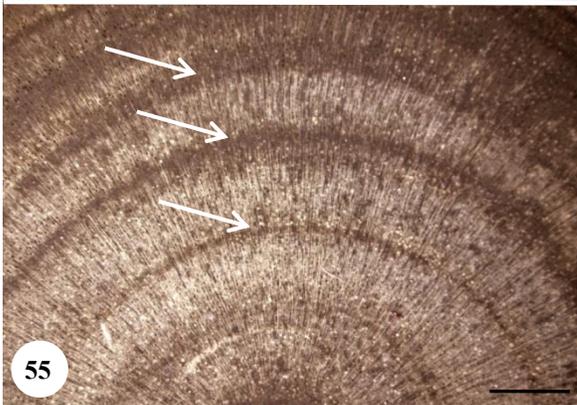
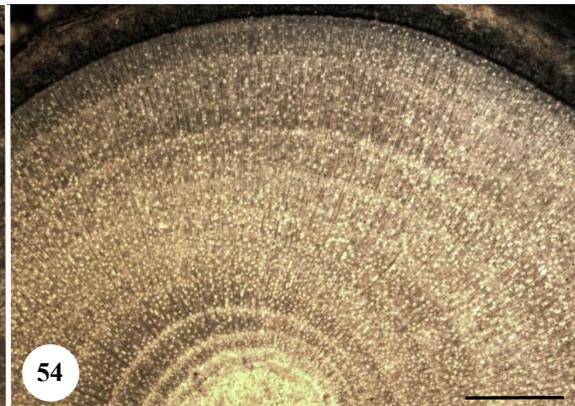
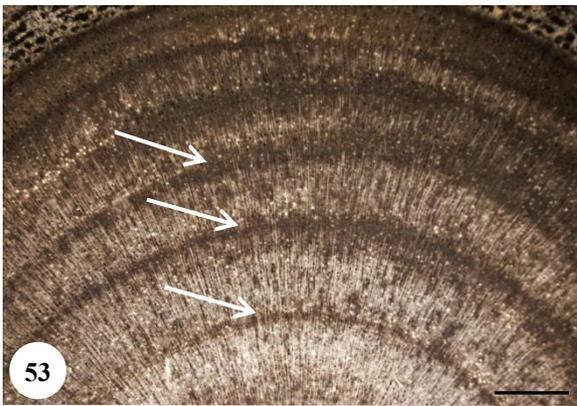


Fig. 57--60. Fotomicrografias do xilema secundário de *T. formosa* comparando caatinga com cerrado. -- 57, 58: Secções transversais. -- 57: Fibras achatadas (setas), parênquima difuso, porosidade difusa, vasos predominantemente solitários e em menor frequência em indivíduo da caatinga. -- 58: Fibras achatadas (setas), parênquima axial difuso, porosidade difusa, vasos predominantemente solitários e em maior frequência em indivíduo do cerrado. -- 59: Detalhe de vasos solitários e parênquima axial difuso em indivíduo da caatinga. -- 60: Detalhe de vasos solitários e múltiplos radiais (setas) e parênquima axial difuso em indivíduo do cerrado. -- Barras: 57, 58 = 150 μm ; 59, 60 = 200 μm .

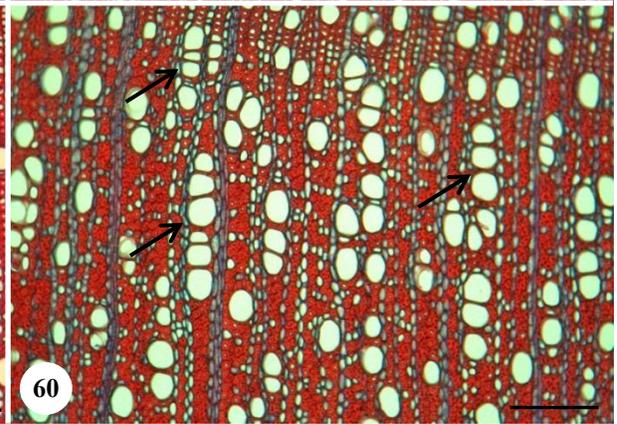
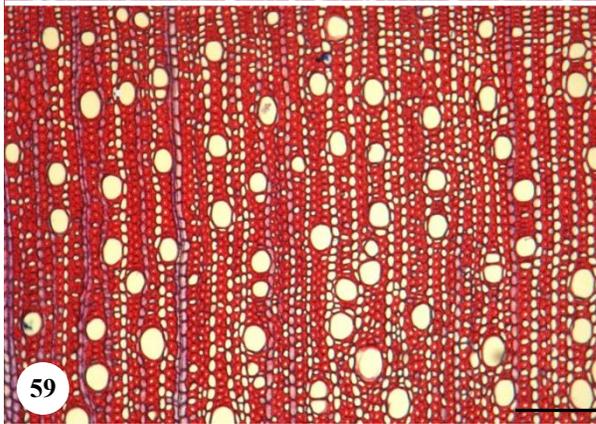
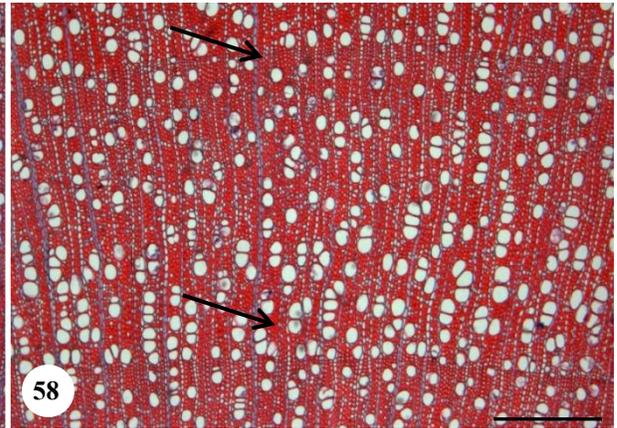
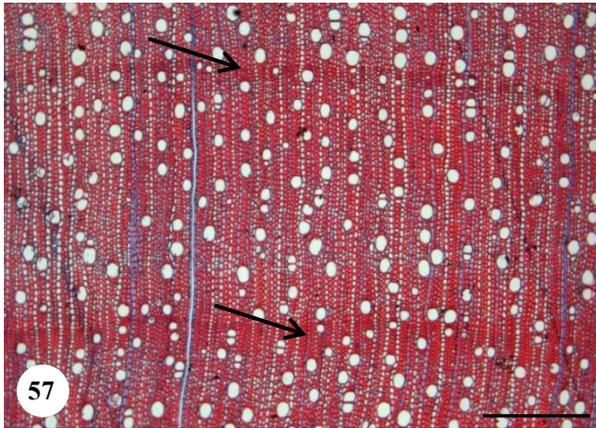


Fig. 61--68: Material dissociado de *T. formosa* mostrando diferentes morfologias dos elementos de vaso com placas de perfuração simples, apêndices conspícuos (setas fechadas) e presença de traqueídes (setas abertas). -- Barras: 61 = 200 μm ; 62 – 65, 68 = 100 μm ; 66, 67 = 50 μm .

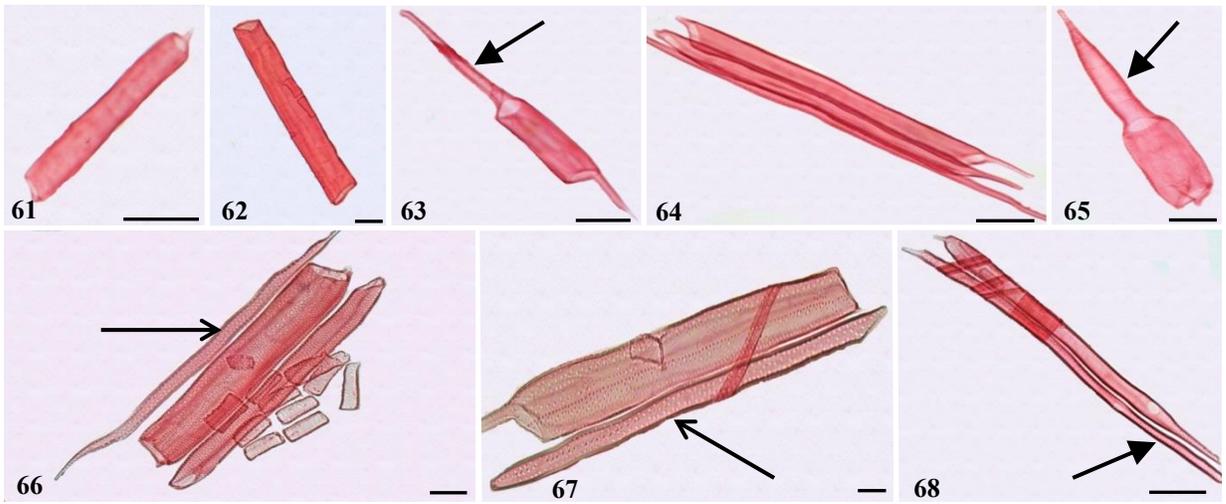


Fig. 69--73: Fotomicrografias e eletromicrografias do xilema secundário de *T. formosa*. -- 69: Secção longitudinal radial. Placas de perfuração simples (setas) nos elementos de vaso. -- 70: Microscopia eletrônica de varredura. Vista da placa de perfuração simples com borda não pontuada (asterisco). -- 71. Secção longitudinal tangencial. Elemento de vaso com pontoações intervasculares alternas com formato circular. -- 72 , 73. Microscopia eletrônica de varredura. -- 72. Vista da parede de elemento de vaso com pontoações intervasculares guarnecidas. -- 73. Detalhe das pontoações intervasculares guarnecidas. Barras: 69 = 200 μm ; 70 = 25 μm ; 71 = 20 μm ; 72 = 25 μm ; 73 = 5 μm .

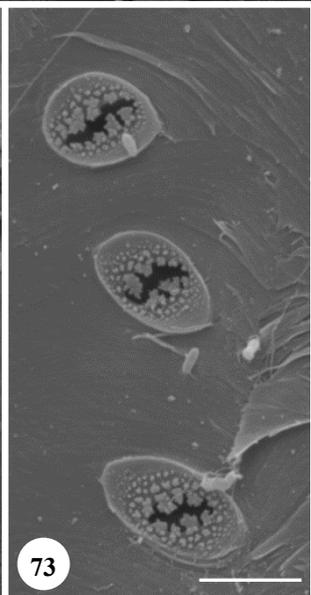
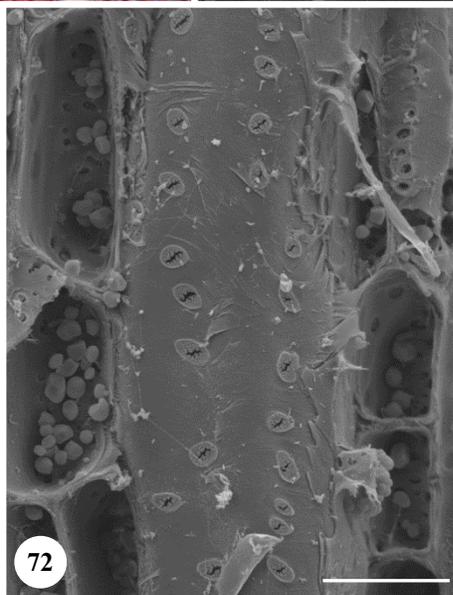
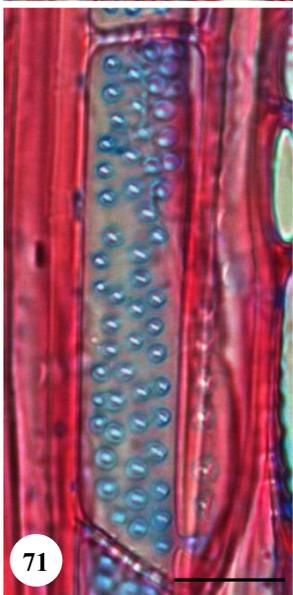
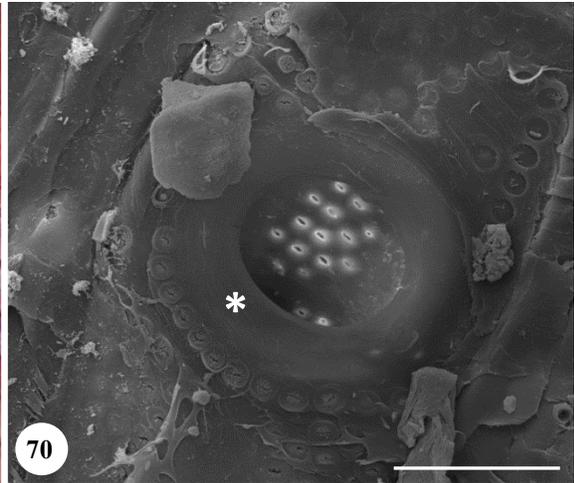
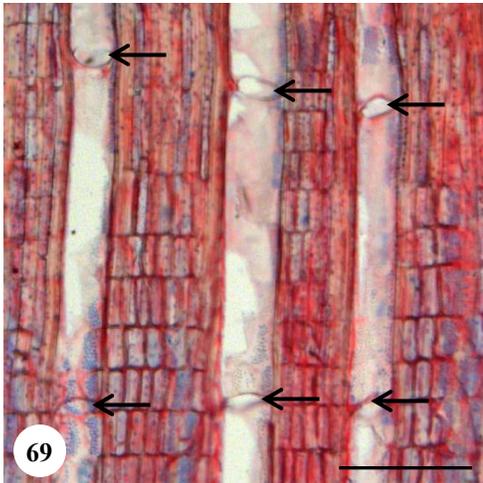


Fig. 74--80: Fotomicrografias do xilema secundário de *T. formosa*. -- 74 - 75: Secções longitudinais radiais. -- 74. Pontoações radio-vasculares com aréolas distintas semelhantes às intervasculares. -- 75: Fibras com pontoações areoladas. -- 76. Secção transversal. Parênquima axial paratraqueal difuso a difuso-em-agregados. -- 77: Secção longitudinal tangencial. Raios predominantemente unisseriados, fusionados (seta aberta), com alguns raios com porções multisseriadas da mesma largura das unisseriadas (seta fechada). -- 78, 79: Secções longitudinais radiais. 78: Raio heterogêneo composto por corpo central de células procumbentes e mais de quatro fileiras de camadas de células quadradas e eretas na margem. Detalhe da presença de amido nas células do parênquima radial no canto superior esquerdo. -- 79: Presença de células perfuradas de raio (setas), com o detalhe no canto superior esquerdo. -- 80. Secção transversal. Depósitos nos vasos (setas abertas) e tilos (setas fechadas). Barras: 74, 75 = 20 μm ; 76 = 100 μm ; 77 = 150 μm ; 78, 80 = 200 μm ; 79 = 50 μm .

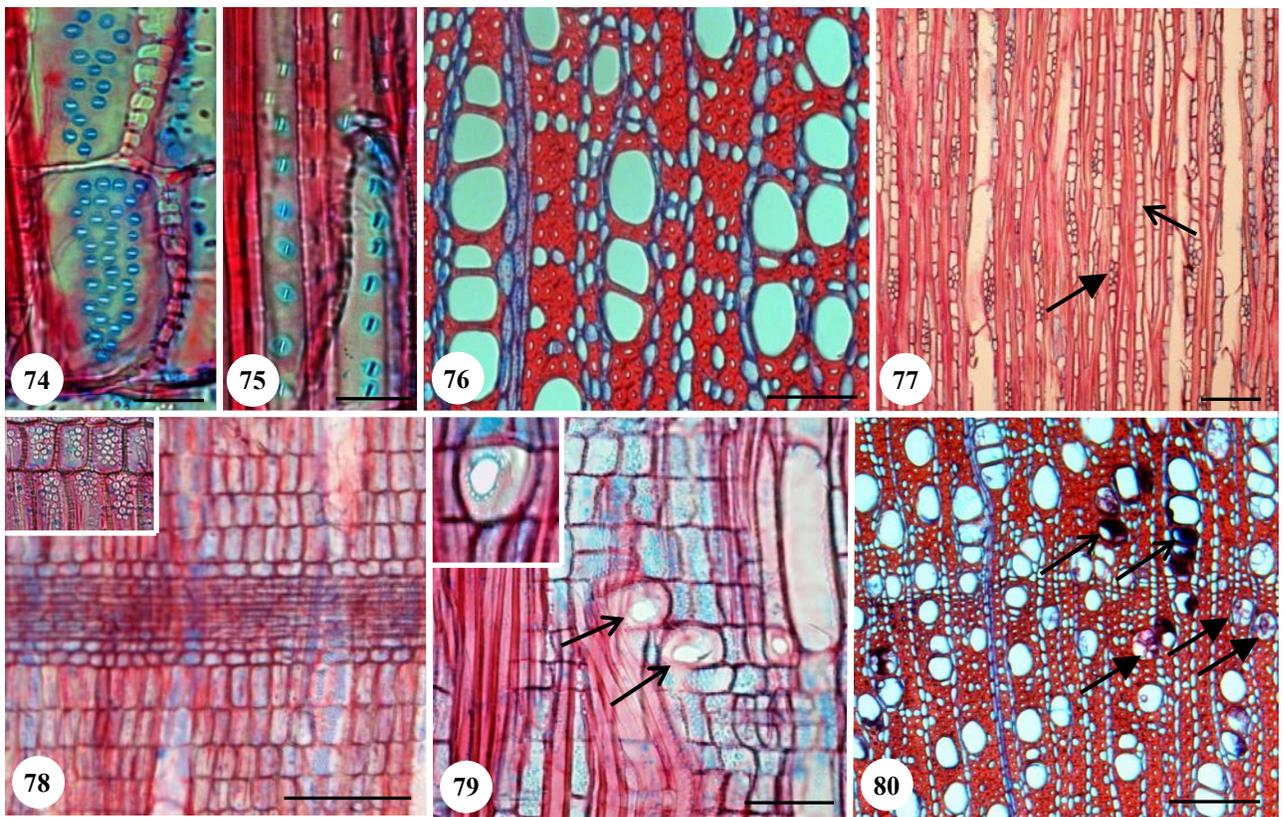


Fig. 81. Resultado da análise dos componentes principais (PCA) com as variáveis anatômicas do xilema secundário de *T. formosa* que mostraram menores correlações. O eixo 1 explica 31% da variação e o eixo 2 explica 24% da variação. CEV = comprimento dos elementos de vaso (μm); CF = comprimento das fibras (μm); API = abertura das pontoações intervasculares (μm); PI = diâmetro das pontoações intervasculares (μm); FR = frequência de raios (n°/mm); LR.1 = largura de raios em número de células; LR = largura de raios (μm); DTF = diâmetro tangencial das fibras (μm). Os pontos em preto representam os indivíduos da caatinga e os pontos em cinza representam os indivíduos do cerrado.

