

KARLA BIANCA DE DEUS BENTO

**ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS DO
COMPLEXO EPIDÉRMICO DE ESPÉCIES
ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA**

Dissertação de Mestrado

Alta Floresta - MT

2019

	KARLA BIANCA DE DEUS BENTO	Diss. MESTRADO	PPGbioAgro 2019
--	----------------------------	----------------	-----------------



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS**



KARLA BIANCA DE DEUS BENTO

**ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS DO
COMPLEXO EPIDÉRMICO DE ESPÉCIES
ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientadora: Profa. Dra. Ivone Vieira da Silva

**Alta Floresta - MT
2019**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

Walter Claiton de Oliveira CRB 1/2049

B478e BENTO, Karla Bianca de Deus .
Estratégias Anatômicas Adaptativas do Complexo
Epidérmico de Espécies Arbóreas no Sul da Amazônia / Karla
Bianca de Deus Bento – Alta Floresta, 2019.
96 f.; 30 cm.(ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu
(Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas
Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias,
Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso,
2019.
Orientador: Ivone Vieira da Silva

1. Traços Funcionais. 2. Índice Pluviométrico. 3. Floresta
Ombrofíla. 4. Floresta Estacional. 5. Cerradão . I. Karla Bianca de
Deus Bento. II. Estratégias Anatômicas Adaptativas do Complexo
Epidérmico de Espécies Arbóreas no Sul da Amazônia: .
CDU 551.58

ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS DO COMPLEXO EPIDÉRMICO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA

KARLA BIANCA DE DEUS BENTO

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em 25/02/2019

Profa. Dra. Ivone Vieira da Silva
Orientadora – UNEMAT / PPGBioAgro

Juliana de Freitas Encinas Dardengo
UNEMAT / PPGBioAgro

Rita de Cássia Violin Pietrobom
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

DEDICATÓRIA

Dedico a todas as mulheres que, ao longo de muitas gerações, acreditaram, enfrentaram, lutaram para ocupar seu lugar na ciência. Suas batalhas e suas vitórias permitiram que me fosse possível trilhar esse caminho.

Dedico a todas as mulheres que enfrentarão esse caminho, e desejo que ele seja mais fácil!

Dedico aos que acreditam, que lutam, que defendem e que contribuem para uma educação pública de qualidade para TODOS.

Dedico em especial à minha linda esposa Leidiane, que me apoiou de todas as formas durante esse caminho, sendo um incentivo para seguir.

Dedico à minha mãe Dirce, que sempre lutou para que seus filhos pudessem estudar; ao meu pai Rubens (*in memoriam*), que teria muito orgulho de ter uma filha Mestre; aos meus irmãos Robson, Rúbia e Pâmela; aos meus amores Irineu, Rubens, Maria Eduarda e Paulo, a tia ama vocês! Dedico à minha querida amiga Andréia Anjo, que faz meu mundo melhor.

Dedico à minha linda e adorável orientadora Ivone Vieira da Silva, por todo empenho e dedicação nesse processo. Aprendi muito mais que ciência! Dedico também ao querido “ser de outro mundo” Mestre Norba, por todo ensinamento, auxílio intelectual e emocional.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Leidiane dos Santos de Melo, por caminhar ao meu lado e me apoiar e me incentivar nos meus sonhos.

À minha orientadora Dra. Ivone Vieira da Silva, por me acolher depois de muitos anos fora da academia, mesmo sabendo que o trabalho seria árduo. Por me incentivar e apoiar, por chamar minha atenção quando foi necessário e pelo apoio científico e emocional em todos os momentos... És uma linda inspiração!

Ao professor Norberto Gomes Junior, por ter me socorrido nas questões de estatísticas, pela serenidade e lucidez dos apontamentos, pelo apoio emocional e incentivo a trilhar esse caminho.

À minha família, em especial minha Mãe, uma mulher incrível, e meu Pai, um ser de coração bondoso.

À Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, onde fiz minha graduação, fui funcionária e agora concluo essa pós-graduação.

Ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS – PPGBioAgro, por proporcionarem momentos de muita aprendizagem; aos mestres, que compartilharam seus ensinamentos e que contribuíram com a grandeza desse momento.

À CAPES, pela concessão de bolsa, contribuindo para que eu pudesse dispor de tempo integral para a pesquisa.

Aos companheiros e companheiras de laboratório; ao laboratório, que me manteve lúcida em momentos difíceis e me presenteou com muitos amigos.

Um especial agradecimento à melhor de todas as melhores amigas, Andréia Anjo Pereira, cuja importância da amizade não pode ser expressa em palavras.

Ao colega de turma e amigo, Lucas de Paula Mera, um companheiro de conversas políticas, ideológicas, de cerveja, churrasco, etc.

Por fim, a todos que de alguma forma colaboraram durante curso de pós-graduação.

ΕΠÍΓΡΑΦΕ

Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes.

Isaac Newton

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	II
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE TABELAS	VII
APÊNDICES.....	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XIII
RESUMO.....	XV
ABSTRACT	XVII
1. INTRODUÇÃO GERAL	19
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
3. CAPÍTULOS	24
3.1. ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS NA EPIDERME DE ESPÉCIES ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA	24
Resumo	25
Abstract.....	27
Introdução.....	29
Material e Métodos	33
Resultados.....	43
Discussão	57
Conclusão.....	62
Agradecimentos.....	63
Referência Bibliográfica	63
3.2. ANATOMIA FOLIAR DE <i>Celtis schippii</i> STANL. (CANNABACEAE)	72
Resumo	73
Abstract.....	74
Introdução.....	75
Material e Métodos	77
Resultados.....	79

Discussão	85
Agradecimentos	88
Referências.....	89
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	93
APÊNDICES.....	94

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Relação das espécies estudadas anatomicamente na comunidade de Alta Floresta (ALF).....37
- Tabela 2.** Relação das espécies estudadas anatomicamente na comunidade de Gaúcha do Norte (GAU).....38
- Tabela 3.** Relação das espécies estudadas anatomicamente na comunidade de Nova Xavantina (NXV).....38
- Tabela 4.** Matriz de correlação de Sperman para os traços funcionais anatômicos da epiderme da comunidade de Alta Floresta (ALF), fitofisionomia Floresta Ombrófila.....43
- Tabela 5.** Matriz de correlação de Sperman para os traços funcionais anatômicos da epiderme da comunidade de Gaúcha do Norte (GAU), fitofisionomia Floresta Estacional Perenifólia.....44
- Tabela 6.** Matriz de correlação de Sperman para os traços funcionais anatômicos da epiderme de Nova Xavantina (NXV), fitofisionomia de Cerradão.....44
- Tabela 7.** Valores médios da morfometria de caracteres epidérmicos de 3 comunidades de arbóreas ao sul da Amazônia.....47
- Tabela 8.** Traços funcionais do complexo epidérmico de 11 espécies arbóreas na comunidade de floresta ombrófila em Alta Floresta (ALF).....48
- Tabela 9.** Traços funcionais do complexo epidérmico de 10 espécies arbóreas na comunidade de floresta estacional em Gaúcha do Norte (GAU).....49

Tabela 10. Traços funcionais do complexo epidérmico de 10 espécies arbóreas na comunidade de Cerradão em Nova Xavantina (NXV).....	50
---	----

APÊNDICES

Tabela 11. Matriz de correlação de Sperman para os traços funcionais anatômicos da epiderme de três comunidades arbóreas do sul da Amazônia.....94

Tabela 12. Valores médios da morfometria dos traços funcionais epidérmicos das espécies por comunidade arbórea de florestas ao sul da Amazônia.....95

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Distribuição das comunidades de estudo ao longo de um gradiente de pluviosidade no estado de Mato Grosso. Localização das comunidades. Alta Floresta (ALF); Gaúcha do Norte (GAU); Nova Xavantina (NXV). **Fonte da imagem:** Ribeiro-Junior (2019).....33
- Figura 2.** Análises de componentes principais (PCA) das três comunidades estudadas. Pluviosidade (PLUVI), Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), Espessura da Epiderme na nervura central adaxial (EENCAAd), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd) e Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb).....45
- Figura 3.** Vista frontal (A - C) e Vista transversal (D - I). *T. altíssima*, evidenciando parede celular anticlinal adaxial sinuosa e presença de sílica (A). *G. kunthiana*, estômatos ciclocíticos e parede celular anticlinal abaxial sinuosa (B). *C. venezuelanense*, estômatos paracíticos e parede celular anticlinal abaxial sinuosa (C). *R. ulei*, epiderme adaxial e abaxial (D). *T. speciosum*, evidenciando a cutícula na asa foliar na epiderme adaxial e abaxial, tricomas (E). *P. tenuifolium*, cutícula na asa foliar adaxial (F). *C. cognatum*, cutícula na nervura central adaxial (G). *B. lactescens*, cutícula na nervura central abaxial (H). *C. schippii* cutícula na nervura central adaxial (I). (**PS** – parede sinuosa, **Sil** – sílica, **Est** – estômato, **E. ad** – epiderme adaxial, **E. ab** – epiderme abaxial, **Tric** – tricoma, **Cut** – cutícula).....52
- Figura 4.** Vista frontal (A - C) e Vista transversal (D - I). *X. amazonica*, evidenciando parede celular anticlinal adaxial levemente sinuosa, espessa e presença de sílica (A). *P. pilosissimum*, parede celular anticlinal adaxial sinuosa (B). *S. guianensis*, evidenciando parede celular anticlinal abaxial sinuosa e presença de sílica. *O. guianensis*, cutícula asa foliar adaxial (D) e epiderme adaxial, abaxial e tricomas (E). *C. echinocarpus*, cutícula na nervura central

adaxial (F). *D. microcarpa* cutícula na nervura central abaxial (G). *M. pyrifolia* cutícula na nervura central abaxial (H). *H. balsamifera* cutícula na nervura central abaxial (I). **PS** – parede sinuosa, **Sil** – sílica, **Est** – estômato, **E. ad** – epiderme adaxial, **E. ab** – epiderme abaxial, **Tric** – tricoma, **Cut** – cutícula).....54

Figura 5. Vista frontal (A - C) e Vista transversal (D - I). *H. glandulosa*, evidenciando parede celular anticlinal abaxial levemente curva, moderada e presença de sílica (A). *M. splendens*, estômatos paracíticos, parede celular anticlinal abaxial sinuosa e tricomas (B). *X. aromatica*, epiderme abaxial, parede anticlinal curva, estômatos paracíticos (C) epiderme adaxial pluriestratificada, tricomas e estômatos elevados (D). *T. vulgaris*, cutícula na asa foliar, face adaxial e abaxial (E). *M. guianensis*, asa foliar, epiderme adaxial biestratificada e epiderme abaxial (F). *A. multiflorum*, cutícula na nervura central adaxial (G). *T. guianensis*, cutícula na nervura central abaxial (H). *E. nitens*, tricomas na nervura central. (**PS** – parede sinuosa, **Sil** – sílica, **Est** – estômato, **E. ad** – epiderme adaxial, **E. ab** – epiderme abaxial, **Tric** – tricoma, **Cut** – cutícula).....56

CAPÍTULO 2

Figura 1. Secções paradérmicas do limbo foliar da região mediana da lâmina foliar de *C. schippii*. **A, C.** Microscopia de luz; **B, D, E, F, G e H.** Microscopia eletrônica de varredura: Vista paradérmica; **A, B** Vista da epiderme adaxial; **B, C** epiderme abaxial; **E** tricoma tector filiforme e tricoma escamiforme; **F** tricoma capitado; **G** tricoma glandular pulvinato; **H** tricoma glandular. (**PC**- parede curva, **Si** – Sílica, **PE**- parede espessada **Tric** – tricoma, **PS** – parede sinuosa, **EH** – estômatos halteriformes, **ER** - estômatos reniformes, (**TTF** – tricoma tector filiforme, **TE** – tricoma escamiforme, **TC** – tricoma capitado, **TGP** – tricoma glandular pulvinato **TG** – tricoma glandular).....81

Figura 2. Secções transversais da região mediana da lâmina foliar de *Celtis schippii*. **A.** Visão geral da asa foliar; **B-C.** Detalhe da epiderme adaxial e abaxial na nervura central; **D.** Visão geral da nervura central. Secções

transversais do pecíolo; **E**. Visão geral do pecíolo; **F**. Detalhe da epiderme; **G**. Colênquima angular, parênquima fundamental e drusas; **H**. Detalhe feixe vascular, floema, xilema, parênquima fundamental e colênquima. (**PP**- parênquima paliçádico, **PL**- parênquima lacunoso, **FVS**- feixe vascular secundário, **Dr**- drusas, **Tric** – tricoma PE- parede espessa, Ep- epiderme, **Cut**- cutícula, **CA**- colênquima angular, **PF**- parênquima fundamental, **Escl**- esclerênquima, **F**- floema e **X**- xilema).....84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ALF** - Comunidade arbórea de Alta Floresta
- Biestrat** - Epiderme biestratificada
- CA** - Colênquima angular
- CAFAb** - Cutícula da asa foliar abaxial
- CAFAd** - Cutícula da asa foliar adaxial
- CAPES** - Coordenação de Pesquisa Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CNCAb** - Cutícula da nervura central abaxial
- CNCAd** - Cutícula da nervura central adaxial
- Cut** - Cutícula
- DEST** - Densidade estomática
- Dr** - Drusas
- EEAFAb** - Espessura da epiderme na asa foliar abaxial
- EEAFAd** - Espessura da epiderme na asa foliar adaxial
- EENCAb** - Espessura da epiderme na nervura central abaxial
- EENCAd** - Espessura da Epiderme na nervura central adaxial
- EH** – Estômatos halteriformes
- Ele** - Estômato elevado
- Ep** - Epiderme
- ER**- Estômatos reniformes
- Escl** - Esclerênquima
- Esp** - Parede celular espessa
- F**- Floema
- FVS**- Feixe vascular secundário
- GAU** - Comunidade arbórea de Gaúcha do Norte
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IEST** - Índice estomático
- Med** - Parede celular com espessamento mediano
- MT** - Mato Grosso.
- NASA** - National Aeronautics and Space Administration
- NX** - Herbário do Campus Universitário de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso

NXV - Comunidade arbórea de Nova Xavantina
PC - Parede curva
PCA - Análises de componentes principais
PE- Parede espessa
PELD - Pesquisas Ecológicas de Longa Duração
PERMANOVA - Análise Multivariada de Variância Permutacional
PF - Parênquima fundamental
PL - Parênquima lacunoso
Pluriestrat - Epiderme pluriestratificada
PLUVI - Pluviosidade
PP - Parênquima paliçádico
PPGBioAGRO - Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.
PS – Parede sinuosa
RADAMBRASIL - Projeto Radar da Amazônia
RAINFOR - Rede Amazônica de Inventários Florestais
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural
SEPLAN - Secretaria de Estado de Planejamento
Si – Sílica
Sin - Parede celular sinuosa
TC – Tricoma capitado
TE – Tricoma escamiforme
TG - Tricoma glandular
TGP – Tricoma glandular pulvinato
Tric – Tricoma
TT - Tricoma tector
TTF – Tricoma tector filiforme
UFV - Universidade Federal de Viçosa
UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso.
Uniestrat - Epiderme uniestratificada
X - Xilema

RESUMO

BENTO, Karla Bianca de Deus. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, fevereiro de 2019. **ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS DO COMPLEXO EPIDÉRMICO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA.** Orientadora: Ivone Vieira da Silva.

As plantas podem apresentar adaptações a diferentes ambientes, e essas modificações morfoanatômicas normalmente estão relacionadas a necessidades fisiológicas. Dependendo do lugar em que estão inseridas, as plantas estão mais expostas a alterações, quer sejam por fatores de desenvolvimento, quer sejam por fatores ambientais. Assim, o presente estudo teve como objetivo principal verificar se existe variação de características anatômicas foliares das células do complexo epidérmico das espécies ao longo de um gradiente pluviométrico, bem como se existem padrões anatômicos entre espécies que ocupam os mesmos locais e mesmas condições ambientais no território do Estado de Mato Grosso. Para a realização do estudo, coletamos amostras foliares de espécies arbóreas que somadas compunham 80% da dominância relativa acumulada de cada comunidade. Seleccionamos as espécies a partir de resultados de estudos fitossociológicos que identificaram sua importância ecológica no ambiente. Amostramos onze espécies na comunidade arbórea de Floresta Ombrófila em Alta Floresta (ALF), dez espécies na comunidade arbórea de Floresta Estacional em Gaúcha do Norte (GAU), e oito espécies na comunidade arbórea de Cerradão (NXV), em três fitofisionomias ao Sul da Amazônia, no Estado de Mato Grosso. O processamento das amostras seguiu as técnicas usuais para estudos anatômicos, com secções transversais e dissociação epidérmica das folhas. Traços funcionais quantitativos e qualitativos foram analisados para verificar padrões no complexo epidérmico das espécies por comunidade. Demonstramos, por meio dos resultados, diferenças significativas em NXV em relação a GAU e ALF. Todas as comunidades apresentaram características morfoanatômicas compatíveis com ambientes xéricos, o que provavelmente indica adaptações aos períodos de estiagem a que as regiões são submetidas. NXV, em comunidade de Cerradão, tem o menor índice de pluviosidade e apresentou maior diferença entre as comunidades estudadas, com

características mais adaptadas ao estresse hídrico. ALF e GAU, comunidades de floresta ombrófila e estacional, respectivamente, apresentaram maior índice de pluviosidade, bem como caracteres mesófilos e xeromórficos. No segundo capítulo, realizamos um estudo de caso com a espécie *Celtis schippii*, que apresentou característica inédita para eudicotiledôneas. O estudo teve como objetivo identificar características anatômicas que possam ser úteis na resolução de conflitos taxonômicos e que desvendem adaptações ao ambiente. Destacamos a presença de estômatos halteriformes e constatamos caracteres anatômicos indicativos da capacidade para sobrevivência em ambientes com condições mesófilas a xerófilas.

Palavras-chave: Traços funcionais. Índice pluviométrico. Floresta Ombrófila. Floresta Estacional. Cerradão.

ABSTRACT

BENTO, Karla Bianca de Deus. MSc. University of Mato Grosso State, February 2019. **ADAPTIVE ANATOMICAL STRATEGIES OF THE EPIDERMIC COMPLEX OF ARBOREAL SPECIES IN THE SOUTH OF THE AMAZON.** Advisor: Ivone Vieira da Silva.

Plants may present adaptations to different environments, and these morpho-anatomical modifications are usually related to physiological needs. Depending on where they are located, plants are more exposed to changes, whether due to developmental factors or environmental factors. Thus, this study aimed to verify if there is variation of foliar anatomical characteristics of the cells of the epidermal complex of the species along a pluviometric gradient, as well as if there are anatomical patterns between species that occupy the same places and same environmental conditions in the territory of Mato Grosso State. For the study, we collected some leaf samples of arboreal species that, together, constituted 80% of the accumulated relative dominance of each community. We selected the species from results of phytosociological studies that identified their ecological importance in the environment. We sampled eleven species in the arboreal community of Ombrophilous Forest in Alta Floresta (ALF), ten species in the arboreal community of Seasonal Forest in Gaúcha do Norte (GAU), and eight species in Cerradão arboreal community (NXV), in three phytophysognomies in the south of the Amazon, in Mato Grosso State. The sample processing followed the usual techniques for anatomical studies, with transversal sections and epidermal dissociation of the leaves. Quantitative and qualitative functional traits were analyzed to verify the existence of patterns in the epidermal complex of the species by community. We demonstrated, through the results, significant differences in NXV in relation to GAU and ALF. All the communities presented morpho-anatomical characteristics compatible with xeric environments, which probably indicates adaptations to the periods of drought to which the regions are submitted. NXV, in the community of Cerradão, has the lowest rainfall index and presented a greater difference among the studied communities, with characteristics more adapted to a hydric stress. ALF and GAU, communities of Ombrophilous and Seasonal Forests, respectively,

presented a higher rainfall index, as well as mesophilic and xeromorphic characters. In the second chapter, we presented a case study with the species *Celtis schippii*, which showed an unprecedented characteristic for eudicotyledons. The aim of this study was to identify anatomical characteristics that could be useful in the resolution of taxonomic conflicts and also can reveal adaptations to the environment. We emphasized the presence of halteriform stomata and observed indicative anatomical characters of the capacity for survival in environments with mesophilic conditions to xerophilic conditions.

Keywords: Functional traits. Rainfall index. Ombrophilous Forest. Seasonal Forest. Cerradão.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais abrigam uma grande fração de biodiversidade global e fornecem uma série de serviços ecossistêmicos de valor inestimável local, regional e global. Diferentes estudos sobre grupos de plantas em regiões da floresta Amazônica concluíram que a distribuição das espécies e composição da floresta foi impulsionada pela variação sazonal e pela disponibilidade de umidade, podendo haver substituição de espécies devido aos períodos de estiagem prolongados (BUTT et al., 2014).

O estudo da anatomia das folhas é uma ferramenta importante que ajuda a compreender as adaptações das espécies em resposta ao ambiente em que a planta vive. Entre os órgãos vegetativos, a folha é o que apresenta maior variedade de características morfológicas e anatômicas, expressando as condições ambientais de seu habitat (ESAU, 1976; FAHN, 1982; CUTTER, 1986; HICKEY & KING, 2000), sendo seu crescimento e a organização altamente influenciados por fatores como a temperatura (METCALFE & CHALK, 1983), intensidade da luz (METCALFE & CHALK, 1983; STRAUSS-DEBENEDETTI & BERLYN, 1994; LINDORF, 1997; BARUCH et al., 2000; JAAKOLA et al., 2004; JUSTO et al., 2005; CASTRO et al., 2007; ROSSATTO & KOLB, 2010), disponibilidade de água (RÔÇAS et al., 1997; WANG et al., 2007; FERREIRA, 2015), nutrientes (FELLER, 1996), e predação (TURNER, 1994; KARBAN & BALDWIN, 1997; RIBEIRO et al., 2010). Então, a análise de sua estrutura pode ser um modelo eficiente para avaliar efeitos do estresse durante o período de seca (OLIVEIRA, 2018).

A epiderme é o tecido mais externo em todas as partes da planta durante o crescimento primário, assim, está em contato direto com o ambiente (CUTTER, 1986). É um tecido complexo, multifuncional, formado por diferentes tipos de células especializadas, que exercem diferentes funções (ALQUINI et al., 2003), e cuja estrutura e localização influenciam nas relações hídricas e nas trocas gasosas que ocorrem nas folhas (ALQUINI et al., 2003; FERREIRA, 2015). A diversidade de características anatômicas e morfológicas resulta das várias adaptações que as folhas podem apresentar em resposta a fatores climáticos, edáficos e bióticos (ESAU, 1976; GIVNISH, 1984).

O uso de estudos anatômicos foliares tem-se mostrado promissor para o conhecimento ecológico (SOMAVILLA & GRACIANO-RIBEIRO, 2011), e as alterações foliares têm sido estudadas como indicadoras ambientais (DICKISON, 2000), pois os dados anatômicos também podem mostrar os padrões de diversidade encontrados num determinado ecossistema e seu potencial adaptativo (BARROS et al., 2006; FERREIRA, 2015); além do mais, se trata de uma prática consolidada para a taxonomia (ANDERSON & CREECH, 1975; PRYCHID & RUDALL, 1999; ALVES et al., 2002; BIERAS & SAJO, 2004; KOCSIS et al., 2004; GOMES et al., 2009).

Temperatura e precipitação são determinantes de recursos e condições para as plantas, e devido a essa intrínseca relação, é de fundamental importância compreender como isso reflete na disponibilidade de água e consequentes formas de adaptações das plantas. O estudo justificou-se pela importância de contribuir com dados referentes a possíveis características adaptativas de diferentes espécies. Este trabalho consta de dois capítulos. O primeiro capítulo mostra um estudo do complexo epidérmico de 29 espécies distribuídas em três parcelas de estudos permanentes da RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais), no qual propomos responder as seguintes questões: Como variam as características anatômicas foliares das células do complexo epidérmico das espécies ao longo do gradiente pluviométrico estudado? Há padrões anatômicos entre espécies que ocupam os mesmos locais e mesmas condições ambientais? Existe relação entre as diferenças estruturais com as condições ambientais de cada região? Caso a resposta seja negativa, seria possível aferir padrões anatômicos do complexo epidérmico foliar nas espécies estudadas, independente dos locais de distribuição? O segundo capítulo é um estudo de caso, e nele objetivamos caracterizar anatomicamente *Celtis schippii* Stanl., a fim de identificar características anatômicas que possam ser úteis na resolução de conflitos taxonômicos e que desvendem adaptações ao ambiente.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. V.; ESTELITA, M. E. M.; WANDERLEY, M. G. L.; THOMAS, W. W. Aplicações taxonômicas da anatomia foliar das espécies brasileiras de *Hypolythrum* Rich. (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2002.

ANDERSON, L. C.; CREECH, J. B. Comparative leaf anatomy of *Solidago* and related Asteraceae. **American Journal of Botany**, v. 62, n. 5, p. 486-493, 1975.

ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M. R. T.; COSTA, C. G.; BARROS, C. F. Epiderme. In **Anatomia Vegetal** (B. Appezzato-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro, eds.). Viçosa, UFV, p. 87-107, 2003.

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

BARUCH, Z.; PATTISON, R. R.; GOLDSTEIN, G. Responses to light and water availability of four invasive Melastomataceae in the Hawaiian Islands. **International Journal of Plant Science**, v. 161, n. 1, p. 107-118, 2000.

BIERAS, A. C.; SAJO, M. G. Leaf anatomy of *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) from Cerrado of the state of São Paulo, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 601-612, 2004.

BUTT, N.; MALHI, Y.; NEW, M.; MACÍA, M. J.; LEWIS, S. L.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S.; LUIZÃO, R.; ANDRADE, A.; BAKER, T. R. ALMEIDA, S.; PHILLIPS, O. L. Shifting dynamics of climate-functional groups in old-growth Amazonian forests. **Plant Ecology & Diversity**, v. 7, n. 1-2, p. 267-279, 2014.

CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SOARES, A. M.; MELO, H. C.; BERTALUCCI, S. K. V.; VIEIRA, C. V.; JÚNIOR, E. C. L. Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae), em três regiões distintas da planta, em diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 2, p. 8-16, 2007.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal parte I: células e tecidos**. 2. ed. São Paulo, Roca, p. 316, 1986.

DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy**. San Diego, CA, USA, Academic Press. 2000.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher. p. 293, 1976.

- FAHN, A. **Plant anatomy**. 3.ed. New York: Pergamon. p. 544,1982.
- FELLER, L. C. Effects of nutrient enrichment on leaf anatomy of dwarf *Rhizophora mangle* L. (red mangrove). **Biotropica**, v. 28, n. 1 p. 13-22, 1996.
- FERREIRA, C. S.; CARMO, W. S. D.; RIBEIRO, D. G.; OLIVEIRA, J. M. F. D.; MELO, R. B. D.; FRANCO, A. C. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, 337-346, 2015.
- GIVNISH, T. J. Leaf and canopy adaptations in tropical forests. In: **Physiological ecology of plants of the wet tropics** (Medina, E.; Mooney, H. A.; Vázquez-Yánes, C., eds.). Springer, Dordrecht, p. 51-84, 1984.
- GOMES, S. M.; SOMAVILLA, N. S. D. N.; GOMES-BEZERRA, K. M.; MIRANDA, S. DO C. DE; CARVALHO, P. S. DE; GRACIANO-RIBEIRO, D. Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições à taxonomia e filogenia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 223-238, 2009.
- HICKEY, M.; KING, C. **The Cambridge Illustrated Glossary of Botanical Terms**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 208, 2000.
- JAAKOLA, L.; MAATTA-RIIHINEN, K.; KARENLAMPI, S.; HOHTOLA, A. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. **Planta**, v. 218, n. 5, p. 721-728, 2004.
- JUSTO, C. F.; SOARES, A. M.; GAVILANES, M. L.; CASTRO, E. M. Plasticidade anatômica das folhas de *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 111-123, 2005.
- KARBAN, R. E.; BALDWIN, I. T. **Induced responses to herbivory**. Chicago, The University of Chicago Press. 1997.
- KOCSIS, M.; DARÓK, J.; BORHIDI, A. Comparative leaf anatomy and morphology of some neotropical *Rondeletia* (Rubiaceae) species. **Plant Systematic and Evolution**, v. 248, n.1-4, p. 205-218, 2004.
- LINDORF, H. Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective. **Iawa Journal**, v. 18, n. 2, p.57-168, 1997.
- OLIVEIRA, I.; MEYER, A.; AFONSO, S.; GONÇALVES, B. Compared leaf anatomy and water relations of commercial and traditional *Prunus dulcis* (Mill.) cultivars under rain-fed conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 229, p. 226-232, 2018.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons: Wood Structure and Conclusion of the General Introduction**. New York, Oxford University Press, v. 2, 1983.

PRYCHID, C. J.; RUDALL, P. J. Calcium oxalate crystals in monocotyledons: a review of their structure and systematic. **Annals of Botany**, v. 84, n. 6, p. 725-739, 1999.

RIBEIRO, S. P.; CORRÊA, T. L.; SOUSA, H. C. Microscopic variability in mechanical defence and herbivory response in microphyllous leaves of tropical herb species from Serra do Cipó, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 2, p. 237-246, 2010.

RÔÇAS, G.; BARROS, C. F.; SCARANO, F. R. Leaf anatomy of *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane Atlantic rain forest. **Trees**, v. 11, n. 8, p. 469-473, 1997.

ROSSATTO, D. R.; KOLB, R. M. *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae) changes in leaf structure due to differences in light and edaphic conditions. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 605-612, 2010.

SOMAVILLA, N. S.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado sensu stricto. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 764-775, 2011.

STRAUSS-DEBENEDETTI, S.; BERLYN, G.P. Leaf anatomical responses to light in five tropical Moraceae of different successional status. **American Journal of Botany**, v.81, n.12, p.1582-1591, 1994.

TURNER, I. M. Sclerophylly: primarily protective? **Functional Ecology**, v. 8, n. 6, p. 669-675, 1994.

WANG, W.; XIAO, Y.; CHEN, L.; LIN, P. Leaf anatomical responses to periodical waterlogging in simulated semidiurnal tides in mangrove *Bruguiera gymnorhiza* seedlings. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 3, p. 223-228, 2007.

3. CAPÍTULOS

3.1. ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS NA EPIDERME DE ESPÉCIES ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA

*Artigo a ser submetido para o periódico International Journal of Plant Sciences

Resumo

ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS NA EPIDERME DE ESPÉCIES ARBÓREAS NO SUL DA AMAZÔNIA

Premissa da pesquisa: por ser o órgão mais exposto da planta, as folhas apresentam maior variação estrutural, que é interpretada como ajustes para condições ambientais. O estudo justifica-se pela importância de contribuir com dados referentes às possíveis características adaptativas foliares. Para tanto, esta pesquisa objetivou verificar se existe variação de características anatômicas da epiderme foliar das espécies ao longo de um gradiente pluviométrico, e se existem padrões anatômicos entre espécies que ocupam os mesmos locais e passam pelas mesmas condições ambientais no território do Estado de Mato Grosso.

Metodologia: o estudo foi realizado em três comunidades de vegetação natural localizadas na região sul da Amazônia. As comunidades estudadas integram estudos da RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais), e apresentam como característica um gradiente pluviométrico ao longo do território do Estado de Mato Grosso. Amostras foram coletadas e processadas de acordo com metodologias padronizadas para estudos anatômicos. Caracterizamos qualitativamente e quantitativamente o complexo epidérmico das folhas das diferentes espécies.

Resultados: os traços funcionais quantitativos que mais corroboraram para a diferença entre as comunidades foram a espessura da cutícula, a espessura da epiderme adaxial e a densidade estomática. Os traços

funcionais qualitativos mais significativos foram, o formato da parede anticlinal e o nível dos estômatos em relação às outras células epidérmicas.

Conclusão: encontramos padrões anatômicos nos traços funcionais quantitativos e qualitativos relacionados à adaptação das espécies ao ambiente em que se encontram. Dentre eles, destacamos cutícula espessa, espessamento de epiderme e maior densidade estomática no ambiente de menor pluviosidade média anual em NXV. As comunidades ALF e GAU apresentaram maior homogeneidade nos traços funcionais quantitativos e qualitativos, e NXV apresentou maiores variações entre as espécies e mais adaptações ao ambiente xérico.

Palavras-chave: Traços funcionais. Ambiente xérico. Padrão morfológico.

Abstract

ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS NA EPIDERME DE ESPÉCIES ARBOREAIS NO SUL DA AMAZÔNIA

Research premise: for being the most exposed organ of the plant, the leaves present greater structural variation, which is interpreted as adjustments for environmental conditions. The study is justified by the importance of contributing with data regarding the possible foliar adaptive characteristics. Therefore, this research aimed to verify if there is variation of anatomical characteristics of the foliar epidermis of the species along a rainfall gradient, and if there are anatomical patterns between species that occupy the same sites and live under the same environmental conditions in the territory of Mato Grosso State.

Methodology: the study was carried out in three communities of natural vegetation located in the southern region of the Amazon. The studied communities integrate studies from the Amazon Network of Forest Inventory (RAINFOR), and present as a characteristic a rainfall gradient along the territory of the State of Mato Grosso. Samples were collected and processed according to the standardized methodologies for anatomical studies. We qualitatively and quantitatively characterized the epidermal complex of leaves from different species.

Results: the quantitative functional traits that most corroborated to differentiate the communities were the thickness of the cuticle, the thickness of the adaxial epidermis and the stomatal density. The most significant qualitative functional

traits were the shape of the anticlinal wall and the level of the stomata in relation to the other epidermal cells.

Conclusion: we found anatomical patterns in the quantitative and qualitative functional traits related to the adaptation of the species to the environment in which they are located. Among them, we highlight the thick cuticle, the thickening of the epidermis and a greater stomatal density in the environment of lower average annual rainfall in NXV. The ALF and GAU communities presented a greater homogeneity in the quantitative and qualitative functional traits, and NXV showed greater variations among the species and more adaptations to a xeric environment.

Keywords: Functional traits. Xeric environment. Morphological pattern.

Introdução

Dominante no Neotrópico, as florestas tropicais são o tipo de vegetação que consiste em florestas úmidas e sazonais, diferenciando-se de outras, principalmente, em seus aspectos de sazonalidade de chuvas e disponibilidade de água (Murphy e Lugo 1986; Sanchez-Azofeifa et al. 2013). A extensão da Floresta Amazônica propicia uma ampla faixa climática e, conseqüentemente, diferenças de precipitação (Phillips et al. 2009).

As ações antrópicas vêm provocando grandes alterações na Floresta Amazônica, e este processo está se intensificando devido às plantações de soja e criação de gado. A porção da Floresta Amazônica que pertence ao Estado de Mato Grosso está sendo submetida a um rápido processo de devastação. Florestas da Amazônia parecem vulneráveis ao aumento do estresse de umidade, apresentando potencial para grandes perdas de carbono em consequência de alterações climáticas (Phillips et al. 2009).

Atributos como valores de temperatura e precipitação são utilizados para definir zonas climáticas, e correspondem às condições de estresse hídrico e temperaturas baixas que são determinantes de recursos e condições para as plantas (Ricklefs 2003). Os fatores ambientais influenciam muitas espécies de plantas a desenvolverem diferentes estratégias morfológicas, anatômicas e/ou fisiológicas – para se manterem e se propagarem nos mais variados ambientes (Sultan 2003).

A plasticidade fenotípica é a capacidade de um organismo em alterar sua fisiologia e morfologia em resposta às mudanças nas condições ambientais. No entanto, é importante ressaltar que plasticidade fenotípica não

implica necessariamente em adaptação, podendo, inclusive, se apresentar de forma negativa (Schlichting 1986; Aoyama e Mazzoni-Viveiros 2006). Análises de diferentes estudos sobre grupos de plantas em regiões de floresta concluíram que a distribuição das espécies e a composição da floresta foram impulsionadas pela variação sazonal e pela disponibilidade de água (Butt et al. 2014).

Os fatores que, de alguma maneira, influenciam a forma e a estrutura dos vegetais são denominados morfogenéticos. Entre as determinantes a serem consideradas, destacam-se as condições de clima e de solo, que são capazes de modificar a organização vegetal. Apesar de existir um padrão de desenvolvimento estabelecido geneticamente para cada ser vivo, os fatores abióticos são capazes de atuar sobre os genes, provocando modificações de sua expressão em vários sentidos (Rizzini 1997).

Alterações ambientais que ocorreram durante o processo de evolução das plantas orientaram o desenvolvimento de caracteres adaptativos a essas novas condições (Aoyama e Mazzoni-Viveiros 2006), sendo que as plantas que não apresentaram características adaptadas a elas foram eliminadas do ambiente (Raven et al. 2006). A seleção natural decorrente desses caracteres adaptativos propiciou que essas características fossem fixadas geneticamente, geradas como produto da interação genótipo-ambiente (Raven et al. 1996).

As plantas podem estar distribuídas em grupos ecológicos baseados nos tipos de habitats e nas estruturas e funções envolvidas em cada caso, e as adaptações podem envolver as partes vegetativas e/ou reprodutivas de uma

planta, podendo ser classificadas conforme a situação a ser enfrentada (Rizzini 1997).

Importantes pesquisas sobre as adaptações na anatomia de folhas ao estresse hídrico foram realizadas há mais de meio século (Maximov 1929; Morton e Watson 1948; Shields 1950; Cutler et al. 1977), mas a sua importância é atual, considerando mudanças previstas no regime hidrológico de florestas tropicais (Binks et al. 2016).

No que se refere à anatomia ecológica, são escassos os estudos que caracterizam as espécies vegetais de maneira a responder às questões relacionadas a fatores bióticos e abióticos (Ariano e Silva 2016).

Entre órgãos vegetativos, a folha é o que apresenta a maior variação estrutural, sendo seus caracteres estruturais interpretados como ajustes para condições ambientais (Fahn e Cutler 1992; Dickison 2000; Boeger et al. 2006).

O estudo da anatomia das folhas é uma ferramenta importante que ajuda a compreender as adaptações das espécies em resposta ao ambiente em que vive. O crescimento e a organização da lâmina foliar são fortemente influenciados por fatores abióticos como a temperatura, a intensidade da luz e a disponibilidade de água. Esses fatores podem influenciar a variação fenotípica a curto prazo, entretanto a longo prazo, eles também podem trabalhar no processo de seleção, mostrando favoritismo em relação às características anatômicas que permitem maior aptidão às plantas em determinados ambientes (Metcalf e Chalk 1983).

O estudo justificou-se pela importância de investigar possíveis características adaptativas de diferentes espécies dominantes em comunidades arbóreas ao sul da Amazônia. Com o estudo da epiderme foliar

das arbóreas de três comunidades, nos propomos a responder as seguintes questões: (i) Como variam as características anatômicas foliares das células do complexo epidérmico das espécies ao longo do gradiente pluviométrico estudado? (ii) Há padrões anatômicos entre espécies que ocupam os mesmos locais e mesmas condições ambientais? (iii) Existe relação entre as diferenças estruturais com as condições ambientais de cada região? Nossas hipóteses foram que, comunidades de menor pluviosidade anual apresentariam espécies com maior quantidade de tricomas; densidade estomática e paredes espessadas; cutícula e epidermes mais espessas, que são caracteres predominantes em plantas xerófitas (Martinez e Medri 1985; Larcher 2000; Taiz e Zeiger 2004; Bieras e Sajo 2009; Simioni et al. 2017). Dentro de cada comunidade, esperávamos que houvesse uma variedade de caracteres anatômicos xéricos, com uma maior diversidade destes nas espécies da comunidade de menor pluviosidade anual. Isso com base na teoria de diversidade de nicho funcional, na qual as espécies coexistem em um mesmo ambiente, adaptadas de diferentes formas e utilizando diferentes recursos (Grubb 1977; Hutchinson 1978; Tilman 1982; Begon et al. 2007); supondo ainda que cada espécie existente em uma comunidade encontra-se em equilíbrio, ou pseudo equilíbrio com as condições ambientais que determinam sua existência ao longo do tempo (Austin 2007), divergindo apenas nas características associadas ao alto desempenho em nichos particulares (Westoby et al. 2002; Poorter 2007).

Material e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado em três comunidades de vegetação natural localizadas na região Sul da Amazônia, ao longo de um eixo perpendicular ao mapa climático da região (Figura 1). As comunidades estudadas integram estudos da RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais), e apresentam como característica um gradiente pluviométrico ao longo do território do Estado de Mato Grosso. Os pontos onde foram realizadas as coletas foram: Alta Floresta (pluviosidade $2000 \text{ mm m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$), Gaúcha do Norte (pluviosidade $1500 \text{ mm m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$) e Nova Xavantina (pluviosidade $1000 \text{ mm m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$) (Alvares 2013).

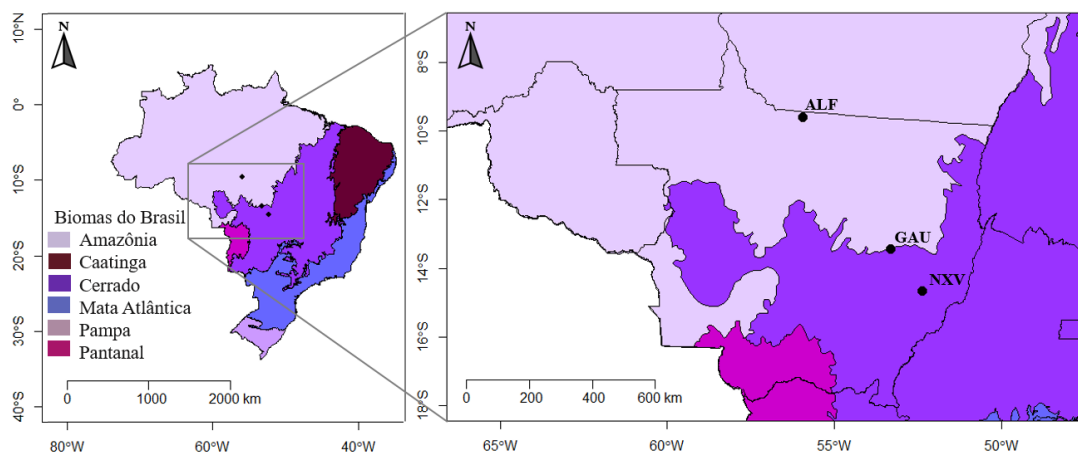


Figura 1. Distribuição das comunidades de estudo ao longo de um gradiente de pluviosidade no estado de Mato Grosso. Localização das comunidades. Alta Floresta (ALF); Gaúcha do Norte (GAU); Nova Xavantina (NXV). **Fonte da imagem:** Ribeiro-Junior (2019).

Descrição das comunidades

Alta Floresta (ALF)

Floresta Ombrófila

A comunidade que denominamos aqui de Alta Floresta (ALF) está localizada nos municípios de Novo Mundo e Alta Floresta, no Norte do Estado de Mato Grosso, na unidade de conservação da região do Cristalino, denominada Reserva Particular do Patrimônio Natural - Lote Cristalino (RPPN) (Zappi 2011). A região do Cristalino está localizada na grande Depressão Marginal Sul-Amazônica, com altitudes entre 100 e 400 m e de grande complexidade estrutural (Brasil e Alvarenga 1989; Ross 2003; SEPLAN/MT 1997). O clima nessa região é quente e úmido, com temperaturas médias anuais acima de 24°C, com pluviosidade média anual acima de 2.400 mm e estação seca definida de 3 a 5 meses (Nimer 1989; Köppen 1948; SEPLAN/MT 2001). Os solos dessa região são predominantemente ácidos, arenosos, de médio a pouco férteis e bastante susceptíveis à erosão (IBGE 2004).

Gaúcha do Norte (GAU)

Floresta Estacional Perenifólia

A Floresta Estacional Perenifólia, também denominada Floresta Estacional Sempre-Verde, apresenta alto verdor no período de estiagem e ocorre no Estado de Mato Grosso, se estendendo por toda a região da Bacia Sedimentar dos Parecis, em parte das depressões do Guaporé, do Paraguai, do Araguaia e do Planalto de Tapirapuã (IBGE 2012). A vegetação dessa floresta é constituída por espécies essencialmente amazônicas que revelam

ausência ou baixa decidualidade durante o período de estiagem (Oliveira-Filho e Ratter 1995). Nessa região, a perenidade da floresta está relacionada com a maior disponibilidade de água no solo, derivada da presença de inúmeros cursos de água em relevo plano e com a suposta capacidade das árvores em absorver água em profundidade no período seco (Ivanauskas et al. 2008).

Gaúcha do Norte enquadra-se no clima Tropical Chuvoso de Savana (Aw) pelo sistema de Köppen (1948), definido pelas temperaturas superiores a 18 °C, cuja época mais seca coincide com o inverno no hemisfério correspondente, comportando pelo menos um mês com precipitação média inferior a 60 mm (Vianello e Alves 1991). Segundo o critério de Walsh (1996), o clima é Tropical Seco-Úmido, pois o índice de perumidade varia de - 4 a 4,5, com precipitação total acima de 1.200 mm e temperaturas superiores a 18 °C, podendo ocorrer, no entanto, períodos de seca de sete meses (precipitação inferior a 100 mm).

Nova Xavantina (NXV)

Cerradão

O Cerradão é um Subgrupo de formação com fisionomia típica e característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo sob clima tropical eminentemente estacional (IBGE 2012).

O Cerradão é uma formação florestal do bioma Cerrado, que apresenta cobertura arbórea de 50% a 90% (Ribeiro e Walter 2008) dominada por árvores e arbustos comuns em formações savânicas mais abertas do Cerrado, e algumas espécies generalistas (Felfili et al. 1994; Oliveira-Filho e Ratter 1995). As árvores comumente atingem a altura de 8 a 15 m, os arbustos

de 2 a 5 m, e ocorre uma camada relativamente pequena de espécies herbáceas (Oliveira-Filho e Ratter 2002).

Nova Xavantina localiza-se a leste do estado de Mato Grosso. É uma região de transição entre o bioma cerrado e a Floresta Amazônica, onde predomina a vegetação de cerrado sensu stricto que está em contato com extensas áreas de matas e manchas de cerradão (Marimon Junior e Haridasan 2005). Os solos predominantes são Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo, em sua maioria distróficos, álicos, profundos, bem drenados e de textura média (RADAMBRASIL 1981). O clima é do tipo Aw de Köppen (Camargo 1962), com precipitação média anual de 1.600 mm (Nimer 1989) e temperatura média anual de 24,4 °C.

Espécies Estudadas

Para a realização do estudo, coletamos amostras foliares de espécies arbóreas que, somadas, compunham 80% da dominância relativa acumulada de cada comunidade (Garnier et al. 2004; Pakeman e Quested 2007; Pérez-Harguindeguy et al. 2013). As espécies foram amostradas e identificadas por especialistas em 2003. As comunidades estudadas compõem parcelas do PELD – Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – e a cada três anos passam por análise da dinâmica de crescimento.

Amostramos 29 espécies nas três fitofisionomias ao Sul da Amazônia, no Estado de Mato Grosso (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Relação das espécies estudadas anatomicamente na comunidade de Alta Floresta (ALF).

Espécie	Família
<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	Moraceae Gaudich.
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F.Macbr.	Moraceae Gaudich.
<i>Celtis schippii</i> Standl.	Cannabaceae Martinov
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	Celastraceae R. Br.
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i> (Pierre) T.D.Penn.	Sapotaceae Juss.
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	Meliaceae A.Juss.
<i>Protium sagotianum</i> Marchand	Burseraceae Kunth
<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl.	Burseraceae Kunth
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Burseraceae Kunth
<i>Rinoreaocarpus ulei</i> (Melch.) Ducke	Violaceae Batsch
<i>Theobroma speciosum</i> Willd ex Spreng	Malvaceae Juss

Tabela 2. Relação das espécies estudadas anatomicamente na comunidade de Gaúcha do Norte (GAU).

Espécie	Família
<i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke	Euphorbiaceae Jussieu
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae Jussieu
<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	Annonaceae Juss.
<i>Xylopia amazonica</i> R.E.Fr.	Annonaceae Juss.
<i>Dacryodes microcarpa</i> Cuatrec.	Burseraceae Kunth
<i>Protium pilosissimum</i> Engl.	Burseraceae Kunth
<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A.St.-Hil.	Humiriaceae A.Juss.
<i>Miconia pyrifolia</i> Naudin	Melastomataceae A.Juss.
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Lauraceae Juss.
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	Humiriaceae A.Juss.

Tabela 3. Relação das espécies estudadas anatomicamente na comunidade de Nova Xavantina (NXV).

Espécie	Família
<i>Aspidosperma multiflorum</i> ADC.	Apocynaceae Juss.
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae (Benth.) Miers
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae R.Br.
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae Juss.
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae Juss.
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G. Silva & H.C. Lima	Fabaceae Lindl.
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae R.Br.
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae Juss.

Procedimentos

Coletamos folhas plenamente expandidas que não apresentavam danos causados por herbívoros ou patógenos, em ramos da região mediana da copa (Pérez-Harguindeguy et al. 2013) de três indivíduos de cada espécie em cada comunidade. Acondicionamos as folhas para conservação e transporte, e as armazenamos conforme métodos usuais de herborização (Fidalgo e Bononi 1984). Processamos esse material no laboratório de Biologia Vegetal do campus da Universidade do Estado de Mato Grosso em Alta Floresta/MT.

Reidratamos as amostras com glicerina e água quente em proporção de 1:10, conforme Smith e Smith (1942). Para análise do complexo epidérmico foliar, realizamos dissociação pelo método de Jeffrey (Franklin 1945) citado por Kraus e Arduim (1997), mas com modificações, nas quais porções foliares nas dimensões de 1 cm² foram armazenadas em recipiente de plástico contendo peróxido de hidrogênio (volume 30) e ácido acético glacial na proporção de 1:1. As espécies foram mantidas em estufa a 60° C, com variação de tempo de 24 a 80 horas na solução. Após esse prazo, lavamos as amostras em água destilada e com o auxílio de pincel separamos as faces abaxial e adaxial e retiramos o mesofilo, corando-as com fucsina básica (Roeser 1962).

Com o auxílio de lâmina de aço, obtivemos secções transversais à mão livre. Parte do material seccionado passou pelo processo de clarificação com solução de hipoclorito de sódio 2%, lavamos com água destilada e coramos com azul de astra e fucsina básica (Kraus et al. 1998) tendo Entellan® como meio de montagem das lâminas histológicas e em outra parte utilizamos Sudan IV em etanol para evidenciar a cutícula (Pearse 1972).

Caracterizamos qualitativamente e quantitativamente a epiderme. Foram analisadas qualitativamente em ambas as faces o formato; a altura; a distribuição e classificação do complexo estomático; o formato; a distribuição e a identificação dos tipos de tricomas. Analisamos quantitativamente: densidade dos estômatos; índice estomático; espessura da cutícula abaxial e adaxial na asa foliar e nervura central; espessura da epiderme abaxial e adaxial na asa foliar e nervura central.

Para avaliação quantitativa, produzimos lâminas com três repetições para cada indivíduo dentre os três indivíduos de cada espécie. Utilizamos o programa Anati Quanti 2[®] UFV (Aguiar et al. 2007) para a mensuração do índice estomático, densidade estomática, espessura da epiderme e espessura da cutícula.

Análise de dados

Organizamos os dados em matriz, incluindo nas colunas as características anatômicas e as variáveis ambientais (independentes), incluímos nas linhas cada unidade amostral (folha/indivíduo). Uma matriz de correlação foi construída para testar as correlações entre as variáveis dependentes para cada comunidade de estudo. Usando a função `cor()` do pacote *stats* (R Core Team 2017), foram consideradas correlação forte as variáveis que apresentaram valor de correlação acima de 0,70, e de correlação moderada as que apresentaram valores de 0,50 a 0,69 (Tabela 1 - APÊNDICES). Em nossa matriz, as variáveis de cutícula da nervura central abaxial (CNCAb) e cutícula da nervura central adaxial (CNCAAd) apresentaram alta correlação, então eliminamos CNCAAd para testes posteriores. Para a

eliminação usamos como critério a variável com menor sentido biológico para as hipóteses testadas.

Calculamos as médias e o desvio padrão usando a função `summaryBy()` do pacote `doBy` (Højsgaard et al 2010). Para os dados morfoanatômicos foliares, organizamos uma tabela com a média das variáveis morfoanatômicas acompanhadas do desvio padrão para as três comunidades estudadas.

Na sequência, processamos nossa matriz de dados para uma PCA (Principal Components Analysis) por meio da função `prcomp()` do pacote `stats`, e identificamos os eixos significativos com base no modelo de *broken-stick* (Borcard et al. 2011) por meio da função `bstick()` do pacote `vegan` (Oksanen et al. 2018). A partir dos traços funcionais com maior carga fatorial para os eixos significativos da PCA, destacamos as variáveis para comparar as comunidades.

Realizamos uma Análise Multivariada de Variância Permutacional (PERMANOVA, sendo 9.999 permutações) com os traços funcionais para detectar possível diferença entre as três comunidades, tendo como variável preditora a pluviosidade anual, utilizando a função `adonis2()` do pacote `vegan` (Oksanen et al. 2018). Após testar os pressupostos para normalidade e homocedasticidade pelas funções `shapiro-teste()` e `leveneTest()` (Fox e Weisberg 2011), optamos por proceder com um teste de Kruskal-Wallis, via função `kruskal.test()` do pacote `stats()`, para identificar quais variáveis colaboram significativamente para a distinção das comunidades. Em seguida, utilizamos o teste de comparações múltiplas de Dunn com a correção de Bonferroni através da função `posthoc.kruskal.dunn.test()` do pacote `PMCMR`

(Pohlert 2014) sobre as variáveis com resultados positivos nos testes anteriores.

Confeccionamos pranchas com as imagens para evidenciar padrões anatômicos e variações plásticas das estruturas foliares. Produzimos tabelas a partir das médias morfométricas das espécies que nos auxiliaram na identificação das variações entre as comunidades .

Para a obtenção da documentação fotográfica para as análises das estruturas, mensuração dos dados e confecção das pranchas ilustrativas das espécies estudadas, utilizamos o capturador de imagem microscópio óptico (Leica DM 750, Microsystems Ltd., Switzerland), com câmera digital (Leica ICC50 HD, Microsystems Ltd., Switzerland) acoplada. A descrição anatômica foi feita de acordo com Metcalfe E Chalk (1950) e Evert (2006).

Resultados

Ao avaliar de forma independente as correlações entre os traços funcionais de cada uma das comunidades, detectamos relações distintas. Enquanto na comunidade de Alta Floresta (ALF) ocorreu forte correlação apenas entre os traços funcionais, densidade estomática (DEST) e índice estomático (IEST) (Tabela 4), a comunidade Gaúcha do Norte (GAU) não apresentou forte correlação entre os traços funcionais; apenas correlações moderadas (Tabela 5). Já a comunidade de Nova Xavantina (NXV) apresentou múltiplas correlações, incluindo correlações fortes, moderadas e negativas (Tabela 6).

Tabela 4. Matriz de correlação de Spearman para os traços funcionais anatômicos da epiderme da comunidade de Alta Floresta (ALF), fitofisionomia Floresta Ombrófila.

ALF	DEST	CNCAb	CNCAd	CAFAd	CAFAb	EENCAb	EENCAAd	EEAFAd	EEAFAb
IEST	0,71	-0,28	-0,13	-0,3	0,24	-0,19	-0,13	0,18	0,07
DEST		-0,2	-0,23	-0,18	0,36	-0,32	-0,36	-0,12	-0,29
CNCAb			0,41	0,53	0,11	0,28	0,31	-0,03	0,11
CNCAd				0,44	0,18	0,16	0,39	-0,07	0,42
CAFAd					0,44	0,19	0,07	0,1	0,26
CAFAb						-0,01	0,02	0,28	0,08
EENCAb							0,32	0,33	0,29
EENCAAd								0,23	0,18
EEAFAd									0,25

Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula da nervura central adaxial (CNCAd), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), Espessura da Epiderme na nervura central adaxial (EENCAAd), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd) e Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb).

Tabela 5. Matriz de correlação de Sperman para os traços funcionais anatômicos da epiderme da comunidade de Gaúcha do Norte (GAU), fitofisionomia Floresta Estacional Perenifólia.

GAU	DEST	CNCAb	CNCAd	CAFAd	CAFAb	EENCAb	EENCAAd	EEAFAd	EEAFAb
IEST	0,23	-0,06	0,1	0,01	0,2	0,08	0,13	-0,01	0,21
DEST		-0,03	0,16	-0,19	0,08	-0,09	-0,42	-0,36	-0,51
CNCAb			0,37	0,08	0,22	0,39	0,24	0,16	0,08
CNCAd				0,26	0,4	0,37	0,31	0,25	0,24
CAFAd					0,55	0,17	0,47	0,3	0,38
CAFAb						0,23	0,35	0,17	0,11
EENCAb							0,44	0,48	0,49
EENCAAd								0,56	0,66
EEAFAd									0,66

Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula da nervura central adaxial (CNCAd), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), Espessura da Epiderme na nervura central adaxial (EENCAAd), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd) e Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb).

Tabela 6. Matriz de correlação de Sperman para os traços funcionais anatômicos da epiderme de Nova Xavantina (NXV), fitofisionomia de Cerradão.

NXV	DEST	CNCAb	CNCAd	CAFAd	CAFAb	EENCAb	EENCAAd	EEAFAd	EEAFAb
IEST	0,77	-0,2	-0,2	-0,13	-0,05	-0,2	-0,1	0,07	-0,36
DEST		-0,12	-0,08	0,08	0,03	-0,34	-0,38	-0,21	-0,42
CNCAb			0,9	0,64	0,59	0,09	0,08	-0,33	0,12
CNCAd				0,76	0,73	0,05	-0,08	-0,53	0,12
CAFAd					0,78	0,12	-0,06	-0,59	0,14
CAFAb						0,08	-0,1	-0,64	0,04
EENCAb							0,72	0,34	0,41
EENCAAd								0,6	0,49
EEAFAd									0,25

Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula da nervura central adaxial (CNCAd), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), Espessura da Epiderme na nervura central adaxial (EENCAAd), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd) e Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb).

A partir da Análise de Componentes Principais (PCA), constatamos uma sobreposição dos grupos quando comparados às comunidades (Figura 2). Consideramos significativos pelo teste de broken stick os três primeiros eixos da PCA, onde todas as variáveis colaboraram significativamente. As comunidades arbóreas ALF e GAU apresentaram espécies com características mais homogêneas e a comunidade NXV apresentou maiores variações entre as espécies.

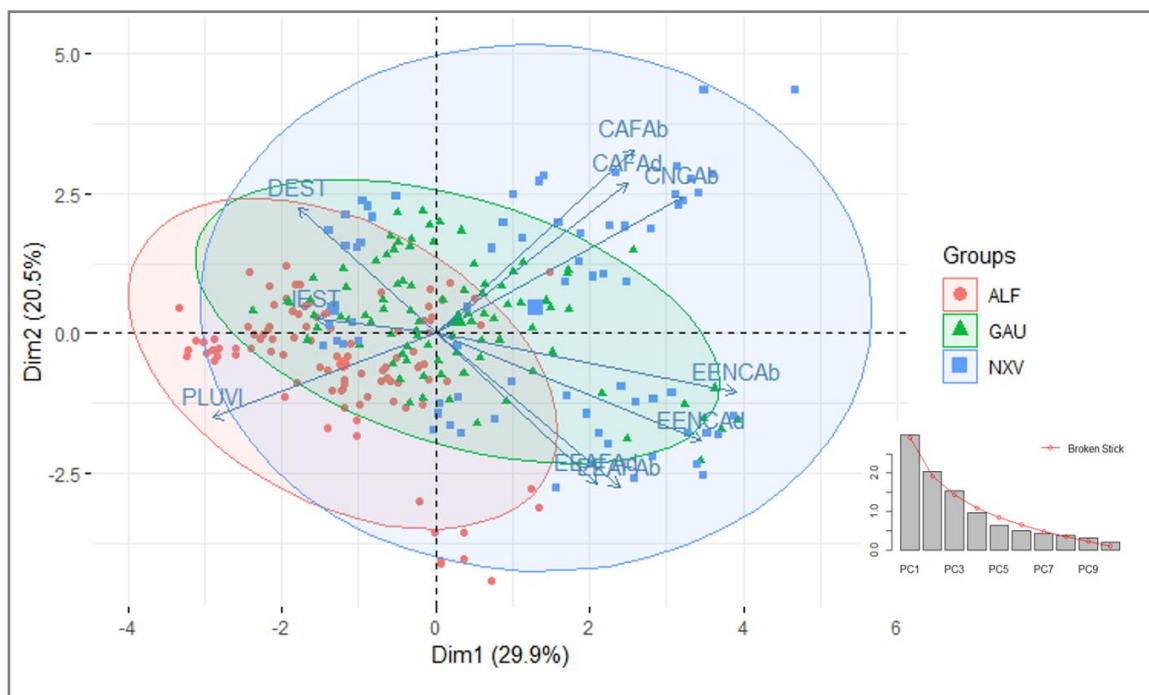


Figura 2. Análises de componentes principais (PCA) das três comunidades estudadas. Pluviosidade (PLUVI), Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), Espessura da Epiderme na nervura central adaxial (EENCAb), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd) e Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb).

A partir da Análise Multivariada de Variância Permutacional (PERMANOVA) entre as comunidades, identificamos diferença significativa,

tendo como preditora a pluviosidade (PLUVI) ($p = 0,0011$; $F = 5,82$). Os testes univariados de ANOVA nos permitiram identificar que a cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd) e a espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb) não diferem estatisticamente, sendo suas diferenças decorrentes dos outros traços funcionais (Tabela 7).

O traço funcional que mais corroborou para a diferença entre as comunidades foi a cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), sendo que NXV apresentou a maior média por comunidades. NXV diferiu de GAU e ALF em outras três variáveis e apresentou maior espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd), DEST e menor IEST (tabela 7). A comunidade ALF diferiu das outras por apresentar menor valor de espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), na espessura da epiderme na nervura central adaxial (EENCAAd) e na cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb) (tabela 4). A espessura de CNCAb, distinta para as três comunidades, merece destaque para as espécies *E nitens* (9,17 μm), *M. pyrifolia* (6,76 μm) e *B. lactescens* (4,61 μm) de NXV, GAU e ALF, que apresentaram as maiores médias por comunidade, respectivamente (Tabela 11 - APÊNDICES).

Tabela 7. Valores médios da morfometria de caracteres epidérmicos de 3 comunidades de arbóreas ao sul da Amazônia.

Comunidades	IEST	DEST	CNCAb	CAFAb	CAFAd ^{ns}	EENCAb	EENCAAd	EEAFAd	EEAFAb ^{ns}
ALF	15,93±7,00 a	344,34±158,61 b	4,61±1,61 c	5,72±1,52 b	4,16±1,18	9,35±2,68 b	12,02±3,43 b	18,17±8,49 b	10,56±5,12
GAU	15,26±4,08 a	323,37±142,68 b	5,64±1,25 b	6,14±1,90 a	5,17±1,27	12,66±3,78 a	14,73±4,61 a	14,98±5,40 b	10,27±4,16
NXV	13,72±6,50 b	394,19±149,14 a	7,82±3,61 a	6,50±2,31 a	5,63±2,00	13,48±5,11 a	16,03±8,05 a	23,61±10,02 a	10,69±3,17

Médias seguidas do desvio-padrão. Letras diferentes evidenciam diferença estatística na coluna pelo *post-hoc* de Dunn ($p < 0,05$); ^{ns} Não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis. Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula nervura central adaxial (CNCAd), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb) Espessura da epiderme na nervura central adaxial (EENCAAd), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EENCAAd), Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EENCAb), Alta Floresta (ALF), Gaúcha do Norte (GAU) e Nova Xavantina (NXV).

Tabela 8. Traços funcionais do complexo epidérmico de 11 espécies arbóreas na comunidade de floresta ombrófila em Alta Floresta (ALF).

Comunidade	Espécie	Vista frontal							Vista transversal			
		Espessura da parede celular anticlinal adaxial	Tricomas		Estômatos	Parede celular		Presença de sílica	Nível dos estômatos	Forma das células epidérmicas		Epiderme adaxial
			Adaxial	Abaxial		Adaxial	Abaxial			Adaxial	Abaxial	
	<i>B. lactescens</i>	Esp	TT	TT	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Quadrada/retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>P. laevis</i>	Med	Cic	TT/TG	Paracítico	Curva	Sinuosa	Sim	Nivelado	Achatada	Achatada	Biestrat
	<i>C. schippii</i>	Esp	TT/TG	TT/TG	Anomocítico	Curva/Sin	Sinuosa	Sim	Nivelado/ele	Retangular/achatada	Retangular	Uniestrat
	<i>C. cognatum</i>	Esp	Não	Não	Ciclocítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular/achatada	Retangular/achatada	Uniestrat
	<i>C. venezuelanense</i>	Esp	Não	Não	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
ALF	<i>G. kunthiana</i>	Esp	TT	TT	Ciclocítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Elevado	Retangular/quadrada	Retangular/quadrada	Uniestrat
	<i>P. sagotianum</i>	Esp	Não	TT/TG	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>P. tenuifolium</i>	Esp	Não	TG	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Achatado	Retangular	Uniestrat
	<i>T. altissima</i>	Esp	Não	TG	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>R. ulei</i>	Esp	Não	TT	Anomocítico	Reta/curva	Curva	Sim	Elevado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>T. speciosum</i>	Esp	Não	TT/TG	-	-	-	-	Elevado	Retangular	Retangular/quadrada	Uniestrat

Comunidade de Alta Floresta (ALF). Parede celular espessa (Esp), parede celular com espessamento mediano (Med), tricoma tector (TT), tricoma glandular (TG), parede celular sinuosa (Sin), estômato elevado (Ele), epiderme uniestratificada (Uniestrat), epiderme biestratificada (Biestrat) e epiderme pluriestratificada (Pluriestrat).

Tabela 9. Traços funcionais do complexo epidérmico de 10 espécies arbóreas na comunidade de floresta estacional em Gaúcha do Norte (GAU).

Comunidade de	Espécie	Vista frontal							Vista transversal			
		Espessura da parede celular anticlinal adaxial	Tricomas		Estômatos	Parede celular		Presença de sílica	Nível dos estômatos	Forma das células epidérmicas		Epiderme adaxial
			Adaxial	Abaxial		Adaxial	Abaxial			Adaxial	Abaxial	
GAU	<i>C. echinocarpus</i>	Esp	Não	TT	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>M. guianensis</i>	Esp	Não	Não	Paracítico	Retas –	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>G. schomburgkiana</i>	Med	TT	TT	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular/achatada	Retangular/achatada	Uniestrat
	<i>X. amazonica</i>	Esp	Não	TT	Paracítico	Sinuosa	Curva	Sim	Nivelado	Retangular/achatada	Retangular/achatada	Uniestrat
	<i>D. microcarpa</i>	Esp	Não	Não	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Elevado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>P. pilosissimum</i>	Esp	TT	TT	Anomocítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>H. balsamifera</i>	Esp	TT	TT	Ciclocítico	Sinuosa	Curva	Sim	Nivelado	Quadrada	Quadrada	Uniestrat
	<i>M. pyrifolia</i>	Esp	Não	TT	Diacítico	Curva	Curva	Sim	Curva	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>O. guianensis</i>	Esp	Não	TT/TG	Paracítico	Retas	Curva	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>S. guianensis</i>	Esp	Não	TT	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Elevado	Retangular	Retangular	Uniestrat

Comunidade de Gaúcha do Norte (GAU). Parede celular espessa (Esp), parede celular com espessamento mediano (Med), tricoma tector (TT), tricoma glandular (TG), parede celular sinuosa (Sin), estômato elevado (Ele), epiderme uniestratificada (Uniestrat), epiderme biestratificada (Biestrat) e epiderme pluriestratificada (Pluriestrat).

Tabela 10. Traços funcionais do complexo epidérmico de 10 espécies arbóreas na comunidade de Cerradão em Nova Xavantina (NXV).

Comunidade de	Espécie	Vista frontal							Vista transversal			
		Espessura da parede celular anticlinal adaxial	Tricomas		Estômatos	Parede celular		Presença de sílica	Nível dos estômatos	Forma das células epidérmicas		Epiderme adaxial
			Adaxial	Abaxial		Adaxial	Abaxial			Adaxial	Abaxial	
	<i>A. multiflorum</i>	Esp	TT/TG	TT/TG	Anomocítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Elevado	Retangular	Retangular/achatada	Uniestrat
	<i>E. nitens</i>	Esp	TT	TT	Paracítico	Curva	Curva	Sim	Elevado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>H. glandulosa</i>	Esp	TT	TT	Paracítico	Reta	Curva	Sim	Elevado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>M. guianensis</i>	Esp	TT	Não	Paracítico	Curva	Curva	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular/achatada	Biestrat
NXV	<i>M. splendens</i>	Esp	TT	TT	Paracítico	Sinuosa	Sinuosa	Sim	Elevado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>T. vulgaris</i>	Esp	TT	TT	Paracítico	Curva	Curva	Sim	Nivelado	Retangular	Retangular	Uniestrat
	<i>T. guianensis</i>	Esp	TT	Cicatriz	Ciclocítico	Curva	Curva/Sin	Sim	Nivelado	Quadrada	Achatada	Uniestrat
	<i>X. aromatica</i>	Esp	TT	TT	Paracítico	Curva	Curva	Sim	Abaixo	Retangular	Achatada	Pluriestrat

Comunidade de Nova Xavantina (NXV). Parede celular espessa (Esp), parede celular com espessamento mediano (Med), tricoma tector (TT), tricoma glandular (TG), parede celular sinuosa (Sin), estômato elevado (Ele), epiderme uniestratificada (Uniestrat), epiderme biestratificada (Biestrat) e epiderme pluriestratificada (Pluriestrat).

Estudamos 11 espécies em ALF, sendo que em *Theobroma speciosum* não houve dissociação da epiderme, não permitindo, portanto, dados da vista frontal adaxial e abaxial. A presença de sílica nas células epidérmicas (Figura 3A) é um carácter comum a todas as espécies analisadas nessa comunidade. Nove espécies apresentaram parede celular anticlinal adaxial com espessamento (Figuras 3A e 3C) e sete espécies, parede celular sinuosa em ambas as faces.

Observamos que, entre as dez espécies, seis apresentaram estômatos paracíticos – como em *C. venezuelanense* (Figura 3C), duas espécies apresentaram estômatos ciclocíticos – como em *G. kunthiana* (Figura 3B), e duas espécies apresentaram estômatos anomocíticos (Tabela 8). Em relação aos níveis de estômatos, sete espécies apresentaram estômatos no mesmo nível das células epidérmicas, duas espécies apresentaram estômatos elevados, e *C. schippii* apresentou estômatos elevados e nivelados.

Em vista transversal, o padrão mais frequente foi a epiderme uniestratificada – como em *R. ulei* (Figura 3D) e *T. speciosum* (Figura 3E) – presente em dez espécies, sendo que nove delas apresentaram em ambas as faces células epidérmicas retangulares. Quanto aos tricomas, estes estão presentes em nove espécies na face abaxial, com predominância de tectores (Figura 3E). Houve diferenças significativas na espessura da cutícula em diferentes espécies – como em *C. cognatum*, na cutícula da nervura central adaxial (Figura 3G), *B. lactescens*, cutícula na nervura central abaxial (Figura 3H). *C. schippii* cutícula na nervura central adaxial (Figura 3I).

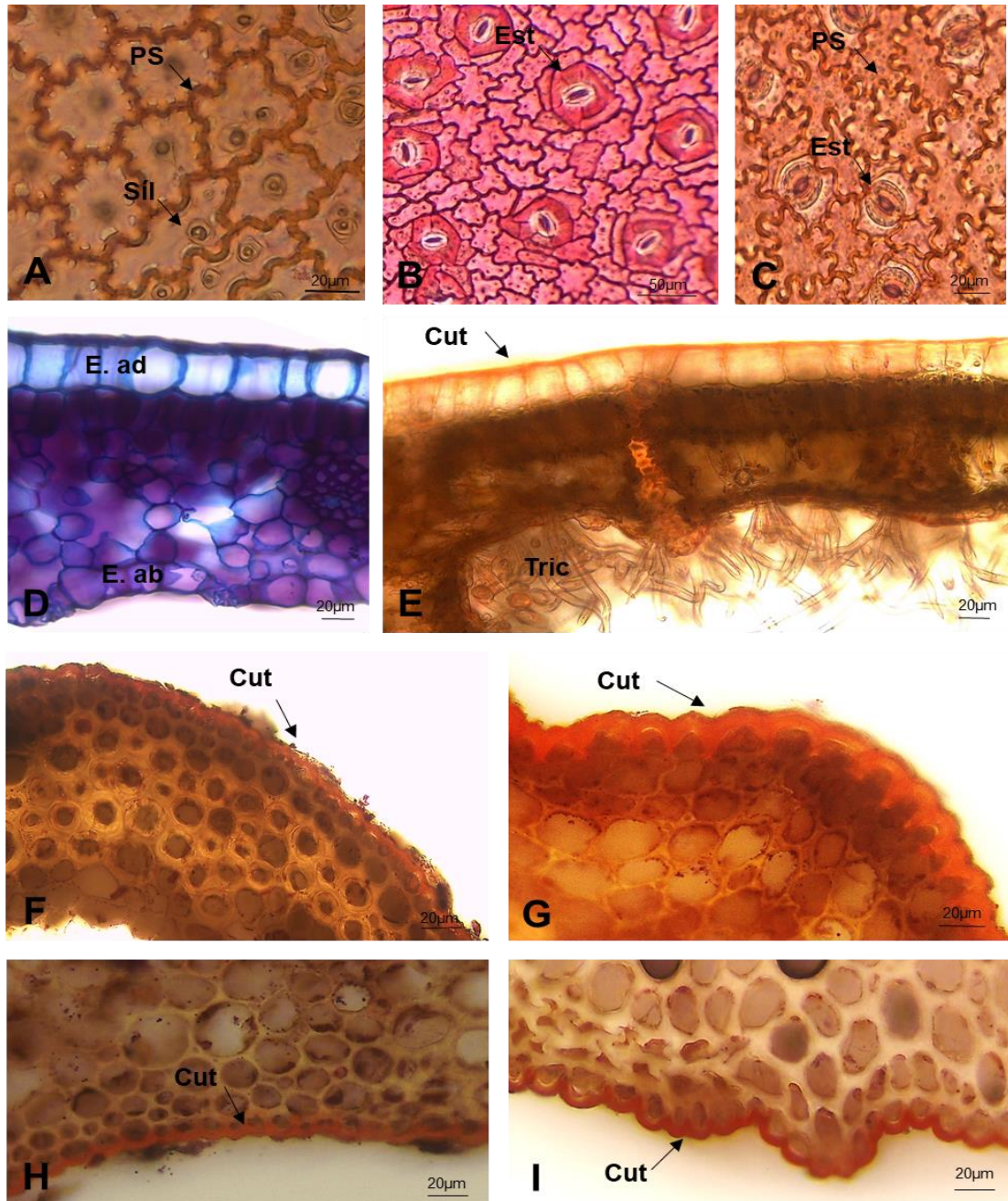


Figura 3. Vista frontal (A - C) e Vista transversal (D - I). *T. altíssima*, evidenciando parede celular anticlinal adaxial sinuosa e presença de sílica (A). *G. kunthiana*, estômatos ciclocíticos e parede celular anticlinal abaxial sinuosa (B). *C. venezuelanense*, estômatos paracíticos e parede celular anticlinal abaxial sinuosa (C). *R. ulei*, epiderme adaxial e abaxial (D). *T. speciosum*, evidenciando a cutícula na asa foliar na epiderme adaxial e abaxial, tricomas (E). *P. tenuifolium*, cutícula na asa foliar adaxial (F). *C. cognatum*, cutícula na nervura central adaxial (G). *B. lactescens*, cutícula na nervura central abaxial (H). *C. schippii* cutícula na nervura central adaxial (I). (**PS** – parede sinuosa, **Sil** – sílica, **Est** – estômato, **E. ad** – epiderme adaxial, **E. ab** – epiderme abaxial, **Tric** – tricoma, **Cut** – cutícula).

Em vista frontal, as dez espécies estudadas da comunidade GAU (Tabela 9) apresentaram sílica – como em *X. amazonica* (Figura 4A), e sete apresentaram parede celular anticlinal adaxial com espessamento. Em metade das espécies, as paredes anticlinais são sinuosas em ambas as faces - como em *P. pilosissimum* e *S. guianensis* (Figuras 4B e 4C). Houve predominância de folhas hipostomáticas, onde em sete espécies encontramos estômatos no mesmo nível que as demais células epidérmicas. Os estômatos paracíticos predominaram em sete das dez espécies estudadas. A epiderme é sempre uniestratificada como - em *O. guianensis* (Figuras 4D e 4E).

Entre as espécies estudadas oito apresentaram tricomas com predominância dos tectores (Figura 4E). Houveram diferenças significativas na espessura da cutícula em diferentes espécies - como em *C. echinocarpus*, na cutícula da nervura central adaxial (Figura 4F), *D. microcarpa* na cutícula da nervura central abaxial (Figura 4G), *M. pyrifolia* na cutícula da nervura central abaxial (Figura 4H) e em *H. balsamifera* na cutícula da nervura central abaxial (Figura 4I).

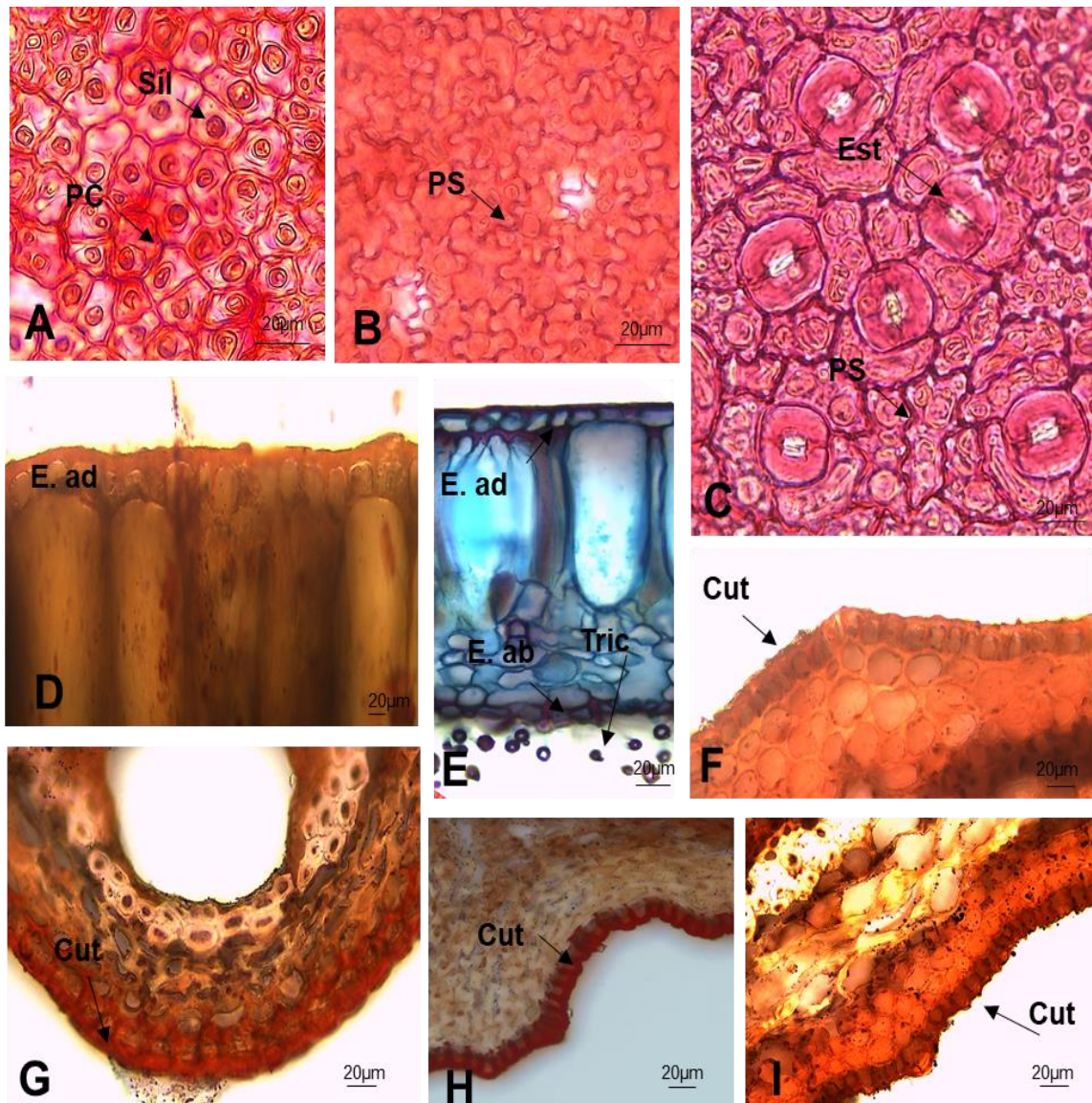


Figura 4. Vista frontal (A - C) e Vista transversal (D - I). *X. amazonica*, evidenciando parede celular anticlinal adaxial levemente sinuosa, espessa e presença de sílica (A). *P. pilosissimum*. parede celular anticlinal adaxial sinuosa (B). *S. guianensis*, evidenciando parede celular anticlinal abaxial sinuosa (C). *O. guianensis*, cutícula asa foliar adaxial (D) e epiderme adaxial, abaxial e tricomas (E). *C. echinocarpus*, cutícula na nervura central adaxial (F). *D. microcarpa* cutícula na nervura central abaxial (G). *M. pyrifolia* cutícula na nervura central abaxial (H). *H. balsamifera* cutícula na nervura central abaxial (I). (**PS** – parede sinuosa, **Sil** – sílica, **Est** – estômato, **E. ad** – epiderme adaxial, **E. ab** – epiderme abaxial, **Tric** – tricoma, **Cut** – cutícula).

A epiderme de todas as espécies estudadas em visão frontal em NXV apresentou sílica e parede celular anticlinal adaxial com espessamento –

como em *H. glandulosa* (Figura 5A). Quatro espécies apresentaram paredes celulares curvas em ambas as faces (Figuras 5A e 5C). Quanto aos estômatos, seis apresentaram estômatos paracíticos como - em *X. aromatica* (Figura 5C), quatro encontravam-se nivelados. Entre as oito espécies sete eram hipoestomáticas.

Em relação aos tricomas, seis espécies possuíam tricomas tectores, como em *M. splendens* (Figura 5B), e duas tinham tricomas tectores e glandulares. Todas as espécies apresentaram tricomas na face adaxial - como em *X. aromatica* (Figura 5D), e sete na face abaxial - como em *E. nitens* (Figura 5I) e *M. splendens* (Figura 5B), com predominância dos tricomas tectores.

A epiderme é uniestratificada em seis espécies, sendo que *X. aromatica* (Figura 5D) e *M. guianensis* (Figura 5F) apresentaram epiderme biestratificada. Existe uma predominância de células epidérmicas retangulares, como em *M. guianensis*, (Figura 5F) sendo ocorrente em seis espécies. Houveram diferenças significativas na espessura da cutícula em diferentes espécies. *T. vulgaris* apresentou cutícula moderada na asa foliar, face adaxial e abaxial (Figura E), *A. multiflorum*, cutícula delgada na nervura central adaxial (Figura G) e *T. guianensis*, cutícula espessa na nervura central abaxial (Figura H).

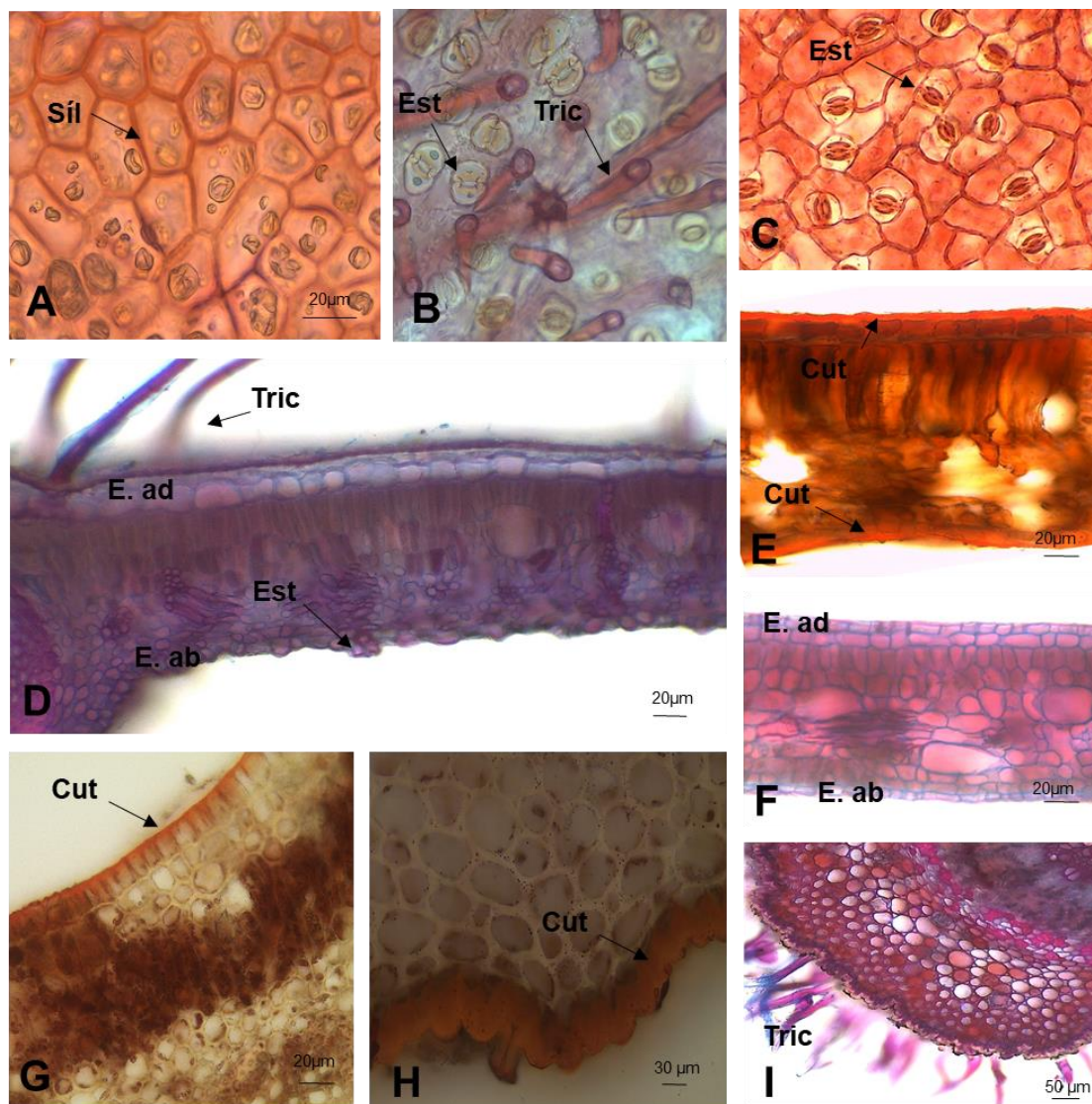


Figura 5. Vista frontal (A - C) e Vista transversal (D - I). *H. glandulosa*, evidenciando parede celular anticlinal abaxial levemente curva, moderada e presença de sílica (A). *M. splendens*, estômatos paracíticos, parede celular anticlinal abaxial sinuosa e tricomas (B). *X. aromatica*, epiderme abaxial, parede anticlinal curva, estômatos paracíticos (C) epiderme adaxial pluriestratificada, tricomas e estômatos elevados (D). *T. vulgaris*, cutícula na asa foliar, face adaxial e abaxial (E). *M. guianensis*, asa foliar, epiderme adaxial biestratificada e epiderme abaxial (F). *A. multiflorum*, cutícula na nervura central adaxial (G). *T. guianensis*, cutícula na nervura central abaxial (H). *E. nitens*, tricomas na nervura central. (PS – parede sinuosa, Sil – sílica, Est – estômato, E. ad – epiderme adaxial, E. ab – epiderme abaxial, Tric – tricoma, Cut – cutícula).

Discussão

Nossas avaliações revelaram que há variação significativa nos traços funcionais analisados ao longo do gradiente pluviométrico das comunidades no sul da Amazônia, corroborando nossa hipótese de que em comunidades de menor pluviosidade ocorram caracteres predominantes de plantas xerófitas. Isso fica evidente pela predominância de caracteres xéricos, mais consistentes na comunidade NXV, onde a pluviosidade é menor.

Os resultados também corroboraram com nossa segunda hipótese, na qual presumimos que dentro de cada comunidade haveria uma variedade de caracteres anatômicos xéricos, com maior diversidade destes nas espécies da comunidade de menor pluviosidade anual. Utilizando os valores médios das variáveis quantitativas e analisando as variáveis qualitativas, foi possível estabelecer um gradiente de mesofilia/xerofilia entre as três comunidades estudadas: ALF>GAU>NXV.

Ao compararmos os traços funcionais nas epidermes das plantas desse estudo com o índice de pluviosidade de cada comunidade, podemos inferir que a homogeneidade dos traços funcionais em AFL e GAU está associada à maior pluviosidade média anual.

Por estar na comunidade mais exposta à sazonalidade, período de seca mais prolongado e menor índice de pluviosidade, NXV apresentou maior correlação entre as variáveis, tanto as variáveis fortes, quanto as moderadas (Tabela 6). As comunidades GAU e ALF apresentaram maior homogeneidade dos traços funcionais e GAU apresentou mais correlações moderadas entre os traços funcionais analisados. A comunidade ALF foi a que apresentou menor

número de correlação entre os traços e menores médias para espessura da cutícula e da epiderme.

A comunidade NXV apresentou maiores valores para espessura da cutícula, epiderme e densidade estomática; e tais traços funcionais estão associados ao investimento em caracteres de plantas que se desenvolvem em ambientes mais xéricos (Turner 1994; Martinez e Medri 1985; Larcher 2000; Bieras e Sajo 2009), pois diminuem a perda de água pela folha no processo de transpiração (Riederer e Schreiber 2001; Alquini et al. 2003; Larcher 2000; Taiz e Zeiger 2004). Embora a comunidade NXV esteja situada em ambiente com disponibilidade de água em determinada época do ano, no gradiente pluviométrico é a que mais está sob estresse hídrico. A radiação solar direta e maior incidência de ventos, aumenta a possibilidade de perda de água por evapotranspiração (Larcher 2000).

Estudos realizados com diversas espécies de cerrado relacionam caracteres como espessura da camada cuticular com adaptações a condições a diferentes pressões ambientais (Morretes e Ferri 1959; Bieras e Sajo 2009; Araújo et al. 2010). A cutícula da face adaxial, mais espessa nas folhas, forma uma barreira hidrofóbica que auxilia a folha contra a perda de vapor de água (Riederer e Schreiber 2001; Hlwatika e Bhat 2002; Alquini et al. 2003; Bacelar et al. 2004 Boughalleb e Hajlaoui 2011; Binks 2016), aumenta a reflexão da luz incidente (Chazdon e Kaufmann 1993; Larcher 2000) e minimiza o excesso de irradiação solar sobre os tecidos subjacentes (Martinez e Medri 1985; Fahn e Cutler 1992; Larcher 2000; Bieras e Sajo 2009).

É aceito também que epidermes mais espessas na face adaxial da folha reduzam o déficit de água provocado pelo processo de transpiração em

folhas mais expostas à irradiação solar e altas temperaturas (Metcalf e Chalk 1979; Cutter 2002; Evert 2006).

A maior densidade de estômatos nas amostras de NXV pode estar relacionada à estratégias como o aumento na taxa fotossintética em períodos mais altos de umidade relativa; maiores quantidades de estômatos por unidade de área, as quais parecem ser uma estratégia de conservação de água das folhas que se desenvolvem em condições mais xéricas (Körner et al. 1986; Boeger 2008), uma vez que esta fitofisionomia possui vegetação menos densa e com maior incidência de luz solar em relação as outras comunidades.

Em condições xéricas, a folha necessita aproveitar o tempo limitado de alta umidade relativa para realizar as trocas gasosas, o que é mais eficiente quanto maior for a área estomática útil (Medri e Lleras 1980).

As variações anatômicas encontradas nos complexos epidérmicos entre as comunidades revelaram respostas adaptativas ao ambiente, que têm relação com a condição climática atual e que também está relacionada ao histórico de composição biótica do ecossistema que cada comunidade integra.

A presença de sílica detectada em todas as espécies desse estudo pode ser explicada devido à diversidade de respostas ao ambiente. Normalmente sua presença pode estar relacionada à prevenção do colapso dos tecidos em condições de seca e proteção mecânica contra herbivoria (Metcalf 1985). Por meio de mecanismos ainda não completamente compreendidos, existem evidências de que a taxa de transpiração decresce pela deficiência em sílica (Kuniyoshi 1993) e a presença de corpos de sílica pode estar associada à incapacidade para excluir o silício dissolvido na água absorvida pela planta (Mady 2003; Passos e Mendonça 2006).

A maioria das espécies apresentou estômatos paracíticos, sendo um padrão para as três comunidades estudadas. Características estomáticas tendem a ser mais similares entre espécies de uma mesma família do que entre espécies de famílias distintas crescendo num mesmo ambiente (Rossatto et al. 2009).

A maioria das espécies estudadas apresentou estômatos apenas na face abaxial; e quando os estômatos apareceram na face adaxial estavam restritos à região da nervura central e encontravam-se obliterados. A predominância de folhas hipoestomáticas é um fator relevante para a redução das taxas de transpiração (Dickison 2000). A posição das células estomáticas normalmente está relacionada às condições hídricas do ambiente (Alquini et al. 2003; Aoyama e Mazzoni-Viveiros 2006).

O padrão de folhas hipoestomáticas encontrado para os estômatos funcionais favorece a adaptação nas diferentes fitofisionomias em que estão estabelecidas. Apesar de haver um gradiente pluviométrico considerável entre as comunidades do estudo, todas as comunidades passam por um período de seca e, por serem de regiões tropicais, apresentam alta temperatura o ano inteiro. Os estômatos são extremamente importantes em estudos anatômicos envolvendo diferentes ambientes e níveis de radiação (Ariano e Silva 2016), uma vez que o aumento da frequência estomática em folhas expostas à alta irradiância pode ser um importante mecanismo adaptativo em ambientes mais secos (Abrams e Mostoller 1995).

As espécies estudadas nas comunidades ALF e GAU apresentaram padrão de sinuosidade nas paredes anticlinais das células da epiderme. Tal sinuosidade pode ocorrer em razão das tensões geradas na folha e do

endurecimento da cutícula durante a diferenciação das células (Menezes 2003). Em NXV, o padrão apresentado foi de paredes curvas, sendo que a presença de cutícula espessa contribui para o desenvolvimento de ondulações nas células epidérmicas (Pereira et al. 2003). Paredes anticlinais espessas nas células da epiderme foram detectadas em vinte e sete das espécies do estudo, sendo a intensidade da luz um fator importante ao considerar a espessura dessas paredes (Cao 2000; Rôças e Scarano 2001).

Houve predomínio de tricomas tectores em todas as comunidades (Tabela 8), e quando relacionados a aspectos ecofisiológicos, eles podem evitar a perda excessiva de água (Fahn e Cutler 1992; Larcher 2000; Souza 2003). Adicionalmente, pode oferecer proteção contra herbivoria e ataque de patógenos (Valkama et al. 2005). A presença de cutícula espessa associada à presença de tricomas fornece a folha proteção contra o aquecimento e a radiação excessiva decorrentes da alta taxa de radiação que predominam em ambientes savânicos (Coutinho 2002; Boeger 2008).

A presença de tricomas em ambas as faces e cutícula mais espessa são recursos consistentes com ambientes xeromórficos (Ferreira et al. 2015; Ariano e Silva 2016). Algumas características xeromórficas, como superfície coberta por tricomas, espessamento da cutícula, folhas hipoestomáticas, são constantes nas folhas de espécies lenhosas do cerrado (Bieras e Sajo 2009).

As adaptações podem estar associadas às estratégias que impedem ou reduzem a perda de água, a proteção contra fortes ventos, o fogo e outros fatores ambientais. As variações anatômicas nas espécies vegetais podem ser entendidas como estratégia de adaptação aos diferentes ambientes onde estão inseridas (Sakita e Kolb 2014; Ariano e Silva 2016). É importante salientar que,

geralmente, tais características aparecem em outros membros das mesmas famílias a que pertencem, não se restringindo às plantas desse bioma (Metcalf e Chalk 1957). O xeromorfismo observado para as folhas do cerrado pode estar relacionado à história evolutiva deste bioma, e assim, essas características permanecem nos dias atuais para ajudar as plantas a se proteger dos diferentes fatores bióticos e abióticos aos quais estão submetidas (Bieras e Sajo 2009). A maneira como as folhas estão estruturadas anatomicamente tende a favorecer os processos de produção de alimento e energia, como também minimizar a perda de água por evapotranspiração e os danos da radiação excessiva (Brown e Hattersley 1989; Larcher 2000; Mediavilla et al. 2001; Taiz e Zeiger 2009; Somavilla e Graciano-Ribeiro 2011).

Conclusão

Esse estudo indicou padrões anatômicos dos traços funcionais relacionados à adaptação das espécies ao ambiente em que se encontram. Das dez variáveis quantitativas, sete apresentaram diferenças significativas entre as comunidades. Quando associamos os resultados ao regime hídrico presente em cada região, inferimos que existe padrão de estruturas com características xéricas como: cutícula espessa, espessamento de epiderme, e maior densidade estomática na comunidade NXV, onde o ambiente tem menor pluviosidade anual. Demonstramos por meio das análises qualitativas que não houve diferença para as comunidades ALF e GAU. A diferença está nas espécies da comunidade de NXV, no contorno das paredes celulares anticlinais da face adaxial da epiderme e no nível dos estômatos. As comunidades ALF e

GAU apresentaram maior homogeneidade nos traços funcionais quantitativos e qualitativos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecemos ao Ms. Norberto Gomes Ribeiro Júnior- UNEMAT pelo auxílio na estatística; ao PELD Cerrado – Amazônia e ao RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais) por ceder o material botânico.

Referência Bibliográfica

Abrams MD, SA Mostoller 1995 Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. *Tree Physiology* 15:361-370.

Aguiar TV, BF Sant'anna-Santos, AA Azevedo, RS Ferreira 2007 Anati Quanti: software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. *Planta Daninha* 25:649-659. (In Portuguese.)

Alquini Y, C Bona, MRT Boeger, CG Costa, CF Barros 2003 Epiderme. Pages 87-107 *in* B Appezzato-da-Glória, SM Carmello-Guerreiro, eds. *Anatomia Vegetal*. UFV, Viçosa. (In Portuguese.)

Alvares CA, JL Stape, PC Sentelhas, JL De-Moraes-Gonçalves, G Sparovek 2013 Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711–728.

Aoyama EM, SC Mazzoni-Viveiros 2006 Adaptações estruturais das plantas ao ambiente. Instituto de Botânica – IBt, São Paulo. (In Portuguese.)

Araújo JS, AA Azevedo, LC Silva, RMSA Meira 2010 Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 16 species of Malpighiaceae found in the Cerrado area (Brazil). *Plant Systematics and Evolution* 286:117-131.

Ariano APR, IV da Silva 2016 Leaf anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophysiognomies of the Mato Grosso State, Brazil. *Acta Amazonica* 46:119-126.

Austin M 2007 Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling* 200:1-19.

Bacelar EA, CM Correia, JM Moutinho-Pereira, BC Gonçalves, JI Lopes, JMG Torres-Pereira 2004 Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiol* 24:233-239.

Begon M, CR Townsend, JL Harper 2007 *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed Editora, Porto Alegre. (In Portuguese.)

Bieras AC, MG Sajo 2009 Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants. *Trees* 23:451-471.

Binks O, P Meir, L Rowland, ACL da Costa, SS Vasconcelos, AAR de Oliveira, L Ferreira, M Mencuccini 2016 Limited acclimation in leaf anatomy to experimental drought in tropical rainforest trees. *Tree physiology* 36:1550-1561.

Boeger MRT, M Kaehler, JCF Melo Júnior, MZ Gomes, CRM Chaves, ES Scholtz 2006 Estrutura foliar de seis espécies do subosque de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista. *Hoehnea* 33:521-531. (In Portuguese.)

Boeger MRT, R M Gluzezak, MW Pil, R Goldenberg, M Medri 2008 Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Botânica* 31:443-452. (In Portuguese.)

Boughalleb F, H Hajlaoui 2011 Physiological and anatomical changes induced by drought in two olive cultivars (cv Zalmati and Chemlali). *Acta Physiol Plant* 33:53-65.

Borcard D, F Gillet, P Legendre 2011 *Numerical Ecology with R*. Springer Science & Business Media.

Brasil AE, SM Alvarenga 1989 Relevô. Pages 53-72 in AC Duarte, ed. *Geografia do Brasil*. Vol. 1. Região Centro-Oeste. IBGE, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Brown RH, PW Hattersley 1989 Leaf anatomy of C3-C4 species as related to evolution of C4 photosynthesis. *Plant Physiology* 91:1543-1550.

Butt N, Y Malhi, M New, MJ Macía, SL Lewis, G Lopez-Gonzalez, WF Laurance, S Laurance, R Luizão, A Andrade, TR Baker, S Almeida, OL Phillips 2014 Shifting dynamics of climate-functional groups in old-growth Amazonian forests. *Plant Ecology & Diversity* 7:267-279.

Camargo AP 1962 Clima do cerrado. Ferri M.

Cao KF 2000 Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in a Bornean heath forest. *Canadian Journal of Botany* 78:1245-1253.

Chazdon RL, S Kaufmann 1993 Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. *Functional Ecology* 7:385-394.

Coutinho LM 2002 O bioma do Cerrado. Pages 77-91 *in* AL Klein, ed. Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois. Unesp, São Paulo. (In Portuguese.)

Cutler JM, DW Rains, RS Loomis 1977 Importance of cell-size in water relations of plants. *Physiol Plant* 40:255-260.

Cutter EG 1986 Anatomia Vegetal: Parte II – Órgãos: Experimentos e Interpretação. Editora Roca, São Paulo. (In Portuguese.)

Cutter EG 2002 Introdução: anatomia e o vegetal e a planta em crescimento. Parte I: células e tecidos. Editora Roca. São Paulo. (In Portuguese.)

Dickison WC 2000 Integrative plant anatomy. Academic Press, San Diego, CA, USA.

Evert RF 2006 Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development. John Wiley & Sons.

Fahn A, DF Cutler 1992 Xerophytes. *Encyclopedia of plant taxonomy*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Felfili JM, TS Filgueiras, M Haridasan, MC Silva Júnior, RC Mendonça, AV Rezende 1994 Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. *Cadernos de Geociências* 12:75-166. (In Portuguese.)

Ferreira CS, WSD Carmo, DG Ribeiro, JMFD Oliveira, RBD Melo, AC Franco 2015 Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. *Acta Amazonica* 45:337-346. (In Portuguese.)

Fidalgo O, VLR Bononi 1984 Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. Manual 4. Instituto de Botânica, São Paulo. (In Portuguese.)

Fox J, S Weisberg 2011 An {R} Companion to Applied Regression. Thousand Oaks, Los Angeles.

Garnier E, J Cortez, G Billès, ML Navas, C Roumet, M Debussche, G Laurent, A Blanchard, D Aubry, A Bellmann, C Neill, JP Toussaint 2004 Plant functional

markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* 85:2630-2637.

Grubb PJ 1977 The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews* 52:107-145.

Hlwatika CNM, RB Bhat 2002 An ecological interation. *Annals of Botany* 89:109-114.

Højsgaard S and Ulrich HAA, Wright, KL 2010. doBy: Groupwise Statistics, LSmeans, Linear Contrasts, Utilities. R package version 4.6-2. <https://CRAN.Rproject.org/package=doBy>.

Hutchinson G 1978 An introduction to population ecology. Yale University Press, New Haven, London.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2004 Mapa da vegetação brasileira. 3ª edição. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (In Portuguese.)

IBGE (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística) 2012 Manual técnico da vegetação brasileira Rio de janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências. 271p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1). (In Portuguese.)

Ivanauskas NM, R Monteiro, RR Rodrigues 2008 Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. *Acta Amazonica* 38:387-402. (In Portuguese.)

Johansen DA 1940 Plant microtechnique. MacGraw-Hill Book Company, New York.

Köppen W 1948 Climatologia. Fundo de Cultura Econômica, México. (In Spanish.)

Körner C, P Bannister, AF Mark 1986 Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand. *Oecologia* 69:557-588.

Kraus JE, M Arduin 1997 Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Ed. Universidade Rural, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Kraus JE, HC Sousa, MH Rezende, NM Castro, C Vecchi, R Luque 1998 Astra blue and basic fuchsin double staining of plant materials. *Biotechnic & Histochemistry* 73:235-243.

Kuniyoshi YS 1993 Aspectos morfo-anatômicos do caule, raiz e folha de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (Bignoniaceae) em diferentes fases sucessionais no litoral do Paraná. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. (In Portuguese.)

Larcher W 2000 Ecofisiologia vegetal. Rima, São Carlos. (In Portuguese.)

Mady FTM 2003 Aspectos da Anatomia do estipe de *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae): Palmeira utilizada em sistemas agroflorestais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. (In Portuguese.)

Marimon Junior BH, M Haridasan 2005 Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19:913-926. (In Portuguese.)

Martinez MM, ME Medri 1985 Alguns aspectos da anatomia-ecológica de *Persea americana* Mill (abacateiro) e interpretações fisio-ecológicas. *Semina* 6:140-146. (In Portuguese.)

Maximov NA 1929 The plant in relation to water. George Allen & Unwin, London.

Mediavilla S, A Escudero, H Heilmeyer 2001 Internal leaf anatomy and photosynthetic resource-use efficiency: interspecific and intraspecific comparisons. *Tree Physiology* 21:251-259.

Medri ME, E Lleras 1980 Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Müell. Arg. *Acta Amazonica* 10:463-493. (In Portuguese.)

Menezes NL, DC Silva, GFAM Pinna 2003 Folha. Pages 303-325 in BA Glória, SMC Guerreiro eds. *Anatomia Vegetal*. Editora UFV, Viçosa. (In Portuguese.)

Metcalf CR, L Chalk 1950 *Anatomy of the dicotyledons*. Oxford, Clarendon Press.

Metcalf CR, L Chalk 1957 *Anatomy of the Dicotyledons. Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy*. Oxford, Clarendon Press.

Metcalf CR, L Chalk 1979 *Anatomy of the dicotyledons: Systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject*. Oxford, Clarendon Press.

Metcalf CR, L Chalk 1983 *Anatomy of the dicotyledons: Wood structure and conclusion of the general introduction*. Oxford, Clarendon Press.

Metcalf CR 1985 Silica. Pages 91-94 in CR Metcalf, L Chalk eds. *Anatomy of Dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford.

Morton AG, DJ Watson 1948 A physiological study of leaf growth. *Ann Bot (Lond)* 12:281-310.

Morretes BL, MG Ferri 1959 Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado. Universidade de São Paulo, São Paulo. (In Portuguese.)

Murphy PG, AE Lugo 1986 Ecology of tropical dry forest. *Annu Rev Ecol Syst* 17:67-88.

Nimer E 1989 Clima. Pages 23-34 in AC Duarte, ed. Geografia do Brasil, Vol. 1. Região Centro-Oeste. IBGE, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Oksanen Jari, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan McGlinn, Peter R. Minchin, R. B. O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry H. Stevens, Eduard Szoecs and Helene Wagner 2018. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Oliveira-Filho AT, JA Ratter 1995 A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distributions. *Edinburgh Journal of Botany* 52:141-194.

Oliveira Filho AT, JA Ratter 2002 Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. Pages 91-120 in PS Oliveira, RJ Marquis, eds. *The cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical savanna*. Columbia University Press, New York.

Pakeman RJ, HM Quested 2007 Sampling plant functional traits: what proportion of the species need to be measured? *Applied Vegetation Science* 10:91-96.

Passos MAB, MSD Mendonça 2006 Epiderme dos segmentos foliares de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em três fases de desenvolvimento. *Acta Amazonica* 36:431-436. (In Portuguese.)

Pearse AGE 1972 *Histochemistry: theoretical and applied*. Baltimore, Williams & Wilkins.

Peirez-Harguindeguy N, S Díaz, E Garnier, S Lavorel, H Poorter, P Jaureguiberry 2013 New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61:167-234.

Pereira ZV, RMSA Meira, AA Azevedo 2003 Morfoanatomia foliar de *Palicourea longepedunculata* Gardiner (RUBIACEAE). *Revista Árvore* 27:759-767. (In Portuguese.)

Phillips OL, LE Aragão, SL Lewis, JB Fisher, J Lloyd, G López-González, G Van Der Heijden... A Torres-Lezama 2009 Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323:1344-1347.

Pohlert T 2014 The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). R package.

Poorter L 2007 Are species adapted to their regeneration niche, adult niche, or both? *American Naturalist* 169:433-442.

R Core Team 2017 R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RADAMBRASIL P 1981 Levantamento integrado dos recursos naturais do Brasil. Folha Jaguaribe-Natal. Ministério das Minas e Energia-MME, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Raven PH, RF Evert, SE Eichhorn 1996 *Biologia Vegetal*. 5ª ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Raven PH, RF Evert, SE Eichhorn 2006 *Biologia Vegetal*. 7ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Ribeiro JF, BMT Walter 2008 As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pages 151-212 in SM Sano, SP Almeida, JF Ribeiro, eds. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília, Embrapa Cerrados. (In Portuguese.)

Ricklefs RE 2003 *A Economia da Natureza*. 5ª ed. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro RJ. (In Portuguese.)

Riederer M, L Schreiber 2001 Protecting against water loss: analysis of the barrier properties of plant cuticles. *Journal of experimental botany* 52:2023-2032.

Rizzini CT 1997 *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2ª ed. Âmbito Cultural Edições, Rio de Janeiro. (In Portuguese.)

Rôças G, FR Scarano, CF Barros 2001 Leaf anatomical variation in *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) under distinct light and soil water regimes. *Botanical Journal of the Linnean Society* 136:231-238.

Roeser KR 1962 Die nadel der schwarzkiefer massenprodukt und kunstwerk der naturen. *Mikrokosmos* 61:33-36.

Ross JLS 2003 Os fundamentos da geografia da natureza. Pages 13-65 in JLS Ross Ed. *Geografia do Brasil*. Edusp, São Paulo. (In Portuguese.)

Rossatto DR, WA Hoffmann, AC Franco 2009 Differences in growth patterns between cooccurring forest and savanna trees affect the forest–savanna boundary. *Funct Ecol* 23:689-698.

Sakita HY, RM Kolb 2014 Por dentro das folhas de plantas do cerrado. *Aprendendo Ciência* 3:6-9. (In Portuguese.)

Sanchez-Azofeifa A, J Calvo, MM Espirito Santo, GW Fernandes, J Powers, M Quesada 2013 Tropical dry forests in the Americas: The tropi-dry endeavour. Pages 1-16 in A Sanchez-Azofeifa, J Powers, GW Fernandes, M Quesada eds.

Tropical dry forests in the Americas: ecology, conservation, and management. CRC Press, Boca Raton.

SEPLAN/MT 1997 Geomorfologia (texto). Zoneamento Sócioeconômico Ecológico. PRODEAGRO. Ministério de Integração Nacional. (In Portuguese.)

SEPLAN/MT 2001 Distribuição da Pluviosidade Média Anual (1983-1994). Zoneamento Sócio-econômico Ecológico. PRODEAGRO. Ministério de Integração Nacional. (In Portuguese.)

Schlichting CD 1986 The evolution of phenotypic plasticity in plants. Annual Review of Ecology and Systematics 17:667-693.

Shields LM 1950 Leaf xeromorphy as related to physiological and structural influences. Bot Rev 16:399-447.

Simioni PF, PV Eisenlohr, MJG Pessoa, IV da Silva 2017 Elucidating adaptive strategies from leaf anatomy: Do Amazonian savannas present xeromorphic characteristics? Flora 226:38-46.

Smith FH, EC Smith 1942 Anatomy of the inferior ovary of *Darbya*. American Journal of Botany 29:464-471.

Somavilla NS, D Graciano-Ribeiro 2011 Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado *sensu stricto*. Acta Botanica Brasilica 25:764-775. (In Portuguese.)

Souza LA 2003 Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula. Ponta Grossa: Editora UEPG. (In Portuguese.)

Sultan SE 2003 Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. Evolution & development 5:25-33.

Sutherland WJ, SUSAN Armstrong-Brown, PR Armsworth, B Tom, J Brickland, CD Campbell, ..., Fitton M 2006 The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. Journal of applied ecology 43:617-627.

Taiz L, Zeiger E 2004 Fisiologia vegetal. Trad.: SANTARÉM, E R 3ª ed, Artmed, Porto Alegre. (In Portuguese.)

Taiz L, Zeiger E 2009 Fisiologia Vegetal. 4ª ed., Artmed, Porto Alegre. (In Portuguese.)

Tilman D 1982 Resource competition and community structure. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.

Turner IM 1994 Sclerophylly: primarily protective? Functional Ecology 8:669-675.

Valkama E, J Koricheva, JP Salminen, M Helander, I Saloniemi, K Saikkonen, K Pihlaja 2005 Leaf surface traits: overlooked determinants of birch resistance to herbivores and foliar microfungi? *Trees* 19:191-197.

Valladares F, D Sanchez-Gomez, MA Zavala 2006 Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology* 94:1103–1116.

Valladares F, E Gianoli, JMG Valladares 2007 Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist* 176:749-763.

Vianello RL, AR Alves 1991 Meteorologia básica e aplicações. UFV, Viçosa. (In Portuguese.)

Walsh RPD 1996 Climate. Pages 159-205 *in* PW Richards coord. The tropical rainforest. Cambridge University Press, Cambridge.

Westoby M, DS Falster, AT Moles, PA Vesk, IJ Wright 2002 Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Reviews in Ecology and Systematics* 33:125-159.

Wickham H 2016 ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag, New York.

Zappi DC, D Sasaki, W Milliken, J Iva, GS Henicka, N Biggs, S Frisby 2011 Plantas vasculares da região do Parque Estadual Cristalino, norte de Mato Grosso, Brasil. *Acta amazônica* 41:29-38. (In Portuguese.)

3.2. ANATOMIA FOLIAR DE *Celtis schippii* STANL.

*Artigo a ser submetido para o periódico Rodriguésia

Resumo

Cannabaceae Martinov. possui uma distribuição cosmopolita. Os gêneros *Celtis* L. e *Trema* Lour são, atualmente, os mais ricos em espécie em Cannabaceae, sendo os únicos que ocorrem naturalmente no Brasil. *Celtis* L. é o gênero mais representativo da família. Estudos anatômicos têm-se mostrado úteis para a taxonomia de muitos grupos de plantas, sendo a folha o órgão que pode apresentar variações constantes dentro da espécie, gênero ou família. Este estudo de caso objetivou identificar características anatômicas que possam ser úteis na resolução de conflitos taxonômicos e que desvendem adaptações ao ambiente. O material vegetal foi coletado de indivíduos arbóreos de *C. schippii*, em uma parcela de estudos permanente de 1 hectare, que integra estudos da RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais). O sítio faz parte de uma Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) Cerrado-Amazônia, localizado na RPPN Cristalino, sob as coordenadas de entrada 9°35'56,5"S e 55°56'27,0"O, entre os municípios de Alta Floresta e Mundo Novo, no Estado de Mato Grosso. O processamento das amostras seguiu as técnicas usuais para estudos anatômicos, com secções transversais da folha e pecíolo, dissociação epidérmica das folhas para estudos de microscopia de luz, e processamento de material para estudo em microscopia eletrônica de varredura. *C. schippii* apresenta alguns caracteres semelhantes aos relatados para as outras espécies do gênero já estudadas. Entretanto, destacamos que existem diferenças que podem ser utilizadas como diagnóstico para a identificação da espécie, tais como: folhas exclusivamente hipoestomáticas, presença abundante de sílica, feixes vasculares colaterais com tamanhos variados e bainha esclerenquimática. Além disso, *C. schippii* apresenta caracteres indicativos da capacidade para sobreviver em ambientes com condições mesófilas a xerófilas. Destacamos aqui um dado inédito, que é a presença de estômatos halteriformes e reniformes na mesma face foliar da espécie.

Palavras-chave: Estômatos halteriformes. Estômatos reniformes. Taxonomia.

Abstract

Cannabaceae Martinov. has a cosmopolitan distribution. The genera *Celtis* L. and *Trema* Lour are, currently, the richest species in Cannabaceae, being the only ones that are naturally from Brazil. *Celtis* L. is the most representative genus of the family. Anatomical studies have proved themselves useful for the taxonomy of many plant groups, with the leaf being the organ that can present constant variations within the species, genus or family. This case study aimed to identify anatomical characteristics that may be useful in the resolution of taxonomic conflicts and that reveal adaptations to the environment. The plant material was collected from arboreal individuals of *C. schippii*, in a permanent parcel of study of 1 hectare, which integrates studies from the Amazon Network of Forest Inventory (RAINFOR). The site is part of a Cerrado-Amazon Long-Term Ecological Survey (PELD), located in the *Cristalino* RPPN, under the entry coordinates 9 ° 35'56.5 "S and 55 ° 56'27.0" W, between the municipalities of Alta Floresta and Mundo Novo, in Mato Grosso State. The processing of the samples followed the usual techniques for the anatomical studies, with transversal sections of the leaf and the petiole, epidermal dissociation of the leaves for light microscopy studies, and the processing of the material for study in scanning electron microscopy. *C. schippii* presents some characters similar to those reported for the other species of the genus that had already been studied. However, there are differences that can be used as a diagnostic for the identification of the species, such as leaves exclusively hypostomatic, abundant presence of silica, and collateral vascular bundles with varying sizes, and sclerenchymatous sheath. In addition, *C. schippii* presents some characters that indicate the ability to survive in environments from mesophilic conditions to xerophilic conditions. We highlight here an unprecedented data, which is the presence of halteriform and reniform stomata on the same foliar face of the species.

Keywords: Halteriform stomata. Reniform stomata. Taxonomy.

Introdução

O clado urticóide compreende cerca de 110 gêneros e 4000 espécies, distribuídas pelas famílias Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae (Steves 2001). Esse clado é comumente diagnosticado e caracterizado por um conjunto de sinapormorfismo, destacando a presença de cristólitos globosos a alongados (concreções de carbonato de cálcio, dentro de idioblastos especializados denominados litocistos), flores reduzidas e inconspícuas, com cinco ou menos estames (Humphries & Blackmore 1989; Judd *et al.* 1994).

Cannabaceae Martinov possui uma distribuição cosmopolita e está inserida no grande grupo das Rosídeas, ordem Rosales, sendo representada por 10 gêneros e cerca de 110 espécies (Yang *et al.* 2013; Viana & Gil 2018). Juntamente com Moraceae e Urticaceae, formam o clado das Urticíneas (Stevens 2001; Systma *et al.* 2002; APG 2009, Pederneiras *et al.* 2011).

Os representantes dessa família podem ser ervas, lianas, arbustos ou árvores (Viana & Gil 2018), incluindo espécies de importância econômica, como a herbácea do gênero *Cannabis*, conhecida como maconha, o cânhamo (*Cannabis sativa* L.) e o lúpulo (*Humulus lupulus* L.) (Viana & Gil 2018). Plantas dessa família possuem aplicação terapêutica comercial em um amplo espectro de doenças. O cânhamo, por exemplo, tem múltiplos usos, incluindo alimentos, analgésicos, antioxidantes, antiinflamatórios, fibra para confecção de roupas, cordas, entre outras. (Lowe *et al.* 2017). As características florais que circunscrevem Cannabaceae incluem flores unissexuadas, não vistosas, com estames antetépalos e filetes livres, discretamente adnatos às tépalas (Yang *et al.* 2013; Viana & Gil 2018).

Cannabaceae vem sofrendo alterações em decorrência de estudos moleculares (Sysma *et al.* 2002), mas as relações filogenéticas dentro dessa família ainda estão, em grande parte, não resolvidas (Yang *et al.* 2013). Porém, o acúmulo de estudos em filogenia (Wiegref *et al.* 1998; Song *et al.* 2002; Sytsma *et al.* 2002; Sattarian 2006; Martins & Pirani 2009) está contribuindo para a delimitação de um grupo monofilético bem corroborado (Martins & Pirani 2009). Anteriormente, *Celtis* L. juntamente com *Trema* Lour formavam a subfamília Celtidoideae, que estava inserida em Ulmaceae, mas com a mudança, estes dois gêneros agora estão situados em Cannabaceae, constituindo os mais ricos em espécie desta família (Yang *et al.* 2013).

Celtis L. é o gênero com maior número de espécies da família, distribuindo-se pela Ásia, África e pelo continente americano. Esse gênero apresenta entre 70 e 100 espécies (Burger 1977; Romanczuk & Martínez 1978; Pederneiras *et al.* 2011), as quais estão distribuídas nas regiões tropicais e temperadas dos dois hemisférios, (Torres & Lucas 2005), estando estimadas de 6 a 30 espécies na América do Sul (Planchon 1873; Berg & Dahlberg 2001; Pederneiras *et al.* 2011).

A espécie por nós estudada, *Celtis schippii* Stanl., é uma árvore glabra, que chega a 15 metros de altura, apresenta o tronco com aproximadamente 25 cm de diâmetro na fase adulta, com ramos delgados, folhas curtas-pecioladas, subcoriáceas, com os pecíolos de 5-8 mm. As lâminas foliares são oblongas ou elípticas-oblongas, largas, curta-acuminadas, obtusas ou subagudas na base, sendo mais ou menos oblíquas, inteiras, brilhantes acima, 3-nervado na base (Standley 1946).

Não existe registro de descrição anatômica de *C. schippii*. Os registros anatômicos se restringem a informações referentes a algumas espécies do gênero *Celtis* L. (Metcalf & Chalk 1957; Esau 1959). Entre os estudos já realizados, destacam-se: Morfoanatomia de *Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm (Nughes *et al.* 2013);

Morfoanatomia da plântula de *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sargent, (Pilati & Souza 2006); Ecoanatomia foliar de árvores e arbustos dos distritos Chaqueños Occidental e Serrano (Argentina) (Arambarri *et al.* 2011); e Caracterização farmacognóstica da *C. iguanaea* (Paula *et al.* 2010).

A anatomia vegetal tem se mostrado útil para a taxonomia de muitos grupos de plantas (Carlquist 1961; Joffily & Vieira 2005; Gomes-Bezerra 2018). A folha é um órgão que pode apresentar variações constantes dentro da espécie, gênero ou família. Muitos caracteres anatômicos das folhas, como a epiderme, a presença de cristais e estruturas secretoras, têm mostrado valor em diferentes táxons (Dickison 2000; Finot 2006; Pinedo *et al.* 2016). As características anatômicas dos órgãos vegetativos da planta podem ser adicionadas à morfologia externa, ajudando a resolver questões taxonômicas (Metcalf & Chalk 1983; Philippe & Bamford 2008; Batista *et al.* 2017), pois características epidérmicas são frequentemente usadas para esse propósito (Kerp 1990; Richter 2004; Batista *et al.* 2017). Nesse contexto, caracterizamos anatomicamente *C. schippii*, a fim de identificar características anatômicas que possam ser úteis na resolução de conflitos taxonômicos e que desvendem adaptações ao ambiente.

Material e Métodos

A espécie amostrada foi *Celtis schippii* Stanl. (Cannabaceae). O material vegetal foi coletado de indivíduos arbóreos com diâmetro na altura do peito (DAP) >10 cm, em uma parcela de estudos permanente de 1 hectare, a qual integra estudos da RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais). O sítio faz parte de uma Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) Cerrado-Amazônia, localizado na RPPN

Cristalino, sob as coordenadas de entrada 9°35'56,5"S e 55°56'27,0"O, entre os municípios de Alta Floresta e Mundo Novo, no Estado de Mato Grosso. O clima nestes municípios é quente e úmido, com temperaturas médias anuais acima de 24°C e pluviosidade média anual acima de 2.400 mm, tendo estação seca definida de 3-5 meses (Nimer 1989; Köppen 1948; SEPLAN/MT 2001). As folhas foram coletadas e armazenadas conforme métodos usuais de herborização (Fidalgo & Bononi 1984). O processo de herborização foi revertido conforme Smith & Smith (1942), com adaptações. A reversão foi feita em água destilada aquecida a 70°C e glicerina na proporção de 10:1, respectivamente, e armazenadas em frascos contendo etanol 70% (Kraus & Arduin 1997).

Para a caracterização epidérmica, as secções paradérmicas (adaxial e abaxial) foram obtidas pelo método de dissociação de Jeffrey (Kraus & Arduin 1997) modificado, no qual porções foliares foram colocadas em potes coletores com peróxido de hidrogênio (30 volumes) e ácido acético glacial, na proporção de 1:1. As amostras foram lacradas com fita adesiva larga, transparente e mantidas em estufa a 60 °C por cerca de 40 horas. A posteriori lavamos as amostras com água destilada e com auxílio de um pincel semparamos as duas superfícies epidérmicas e cuidadosamente limpamos para a retirada do mesofilo e então coramos com safranina (Roeser 1962).

Para análise da estrutura interna, foram feitos cortes transversais a mão livre, do pecíolo e da região mediana das folhas, incluindo a nervura central com uso de lâmina de aço. Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 2%, lavados em água destilada e corados com azul de Astra e fucsina básica (Kraus *et al.* 1998). Para evidenciar a cutícula, foi realizado teste histoquímico com Sudan IV em etanol (Pearse 1972).

A partir das lâminas histológicas, foram obtidas fotomicrografias por meio de um capturador de imagens digital (LAS E.Z. 1.7.0 Leica®), acoplado a um microscópio Leica® ICC50. A partir das imagens, foram confeccionadas pranchas anatômicas da espécie.

Foi realizado estudo com microscopia eletrônica de varredura e, para tal, o material biológico foi desidratado, fragmentado e fixado com cola de prata em stubs de metal. Em seguida, as amostras foram secas pelo método do ponto crítico, utilizando o aparelho Bal-Tec CPD030. As amostras foram cobertas com uma fina camada de ouro, aproximadamente 20 nm (Bozzola & Russel 1992), utilizando o metalizador Bal-Tec – SCD050. A observação e imagens foram feitas em microscópio eletrônico de varredura (DSEM962 – ZEISS), a uma aceleração de voltagem variando até 25 kV, no campus da Universidade Estadual Paulista -Unesp, no município de Bauru -SP.

Resultados

Em vista frontal, nas duas faces foliares, as células epidérmicas comuns são poligonais com paredes espessadas (Figs. 1A, 1C). As paredes das células da face adaxial apresentam contornos curvos a sinuosos, com espessamento súpero em relação à face abaxial. Dentro dessas células é possível identificar a presença abundante de sílica (Fig. 1A). Na face abaxial a epiderme apresenta células com paredes de contornos sinuosos, com espessamento ínfero em relação à face adaxial (Fig. 1C). Estômatos ocorrem exclusivamente na face abaxial (Figs. 1C, 1D). Nessa espécie, uma característica peculiar observada é a presença de dois tipos de formato de célula-guarda (Fig. 1C). O mais predominante é o tipo reniformes, que formam estômatos ligeiramente protusos em relação às demais células epidérmicas; e o outro tipo, que se

apresenta menos frequente, são os estômatos do tipo halteriformes (Fig. 1C). Em vista frontal é possível verificar que os estômatos halteriformes encontram-se abaixo do nível das demais células epidérmicas (Fig. 1C). Ambas tipologias de estômatos têm configuração anomocítica, ladeadas por quatro ou cinco células (Fig. 1B).

Foram encontrados cinco morfotipos de tricomas na lâmina foliar da espécie, estando estes presentes por todo o limbo, em ambas as superfícies (Figs 1E-H). Na face adaxial é possível identificar tricomas tectores filiformes (Fig. 1E), escamiformes (Fig. 1E) e glandulares capitados (Fig. 1F). Na face abaxial, tricomas glandulares (Figs. 1E, 1G, 1H) e tricomas tectores unicelulares são mais frequentes e de diferentes tamanhos. Os tricomas glandulares que apresentam pedicelo proeminente e “cabeça afinada formando um bico” no sentido longitudinal estão presentes em todo o limbo (Fig. 1H). Os tricomas glandulares pluricelulares estão presentes também no limbo foliar, na face abaxial e também na região da nervura central.

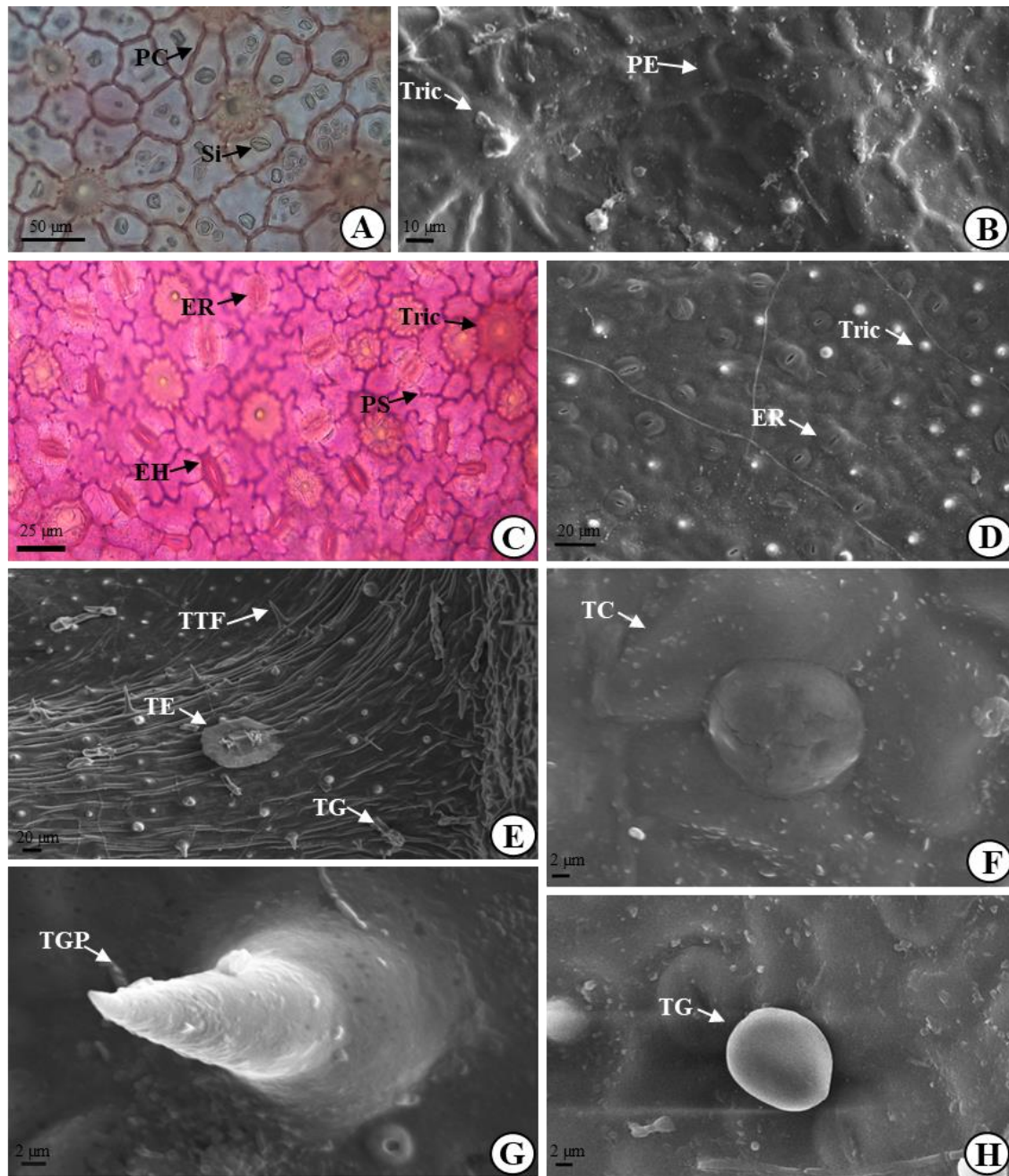


Figura 1. Secções paradérmicas do limbo foliar da região mediana da lâmina foliar de *C. schippii*. **A, C.** Microscopia de luz; **B, D, E, F, G e H.** Microscopia eletrônica de varredura: Vista paradérmica; **A, B** Vista da epiderme adaxial; **B, C** epiderme abaxial; **E** tricoma tector filiforme e tricoma escamiforme; **F** tricoma capitado; **G** tricoma glandular pulvinato; **H** tricoma glandular. (**PC**- parede curva, **Si** – Sílica, **PE**- parede espessada **Tric** – tricoma, **PS** – parede sinuosa, **EH** – estômatos halteriformes, **ER** - estômatos reniformes, (**TTF** – tricoma tector filiforme, **TE** – tricoma escamiforme, **TC** – tricoma capitado, **TGP** – tricoma glandular pulvinato **TG** – tricoma glandular.

Em secção transversal da região da asa foliar, foi registrada epiderme uniestratificada e células predominantemente retangulares em ambas as faces da folha (Fig. 2A). É comum a ocorrência de parede celular espessada periclinalmente e revestida por uma cutícula moderada, sendo as células da epiderme adaxial maiores e mais espessadas (Fig. 2A).

A estrutura do mesofilo é dorsiventral, compõem-se do parênquima paliçádico em um estrato nítido e possui alguns pontos com uma segunda camada (Fig. 2A). A uniformidade do parênquima paliçádico é interrompida nas regiões onde surgem os feixes vasculares e abaixo dos tricomas (Fig. 2A). O parênquima lacunoso é denso e composto de vários estratos dispostos em oito a dez camadas, correspondendo cerca de 60-70% da espessura dos tecidos fotossintetizantes e, são caracterizados principalmente pela irregularidade de forma, apresentando poucas lacunas intercelulares (Fig. 2A). Drusas estão presentes em abundância no parênquima paliçádico, mas são raras no parênquima lacunoso (Fig. 2B). Feixes vasculares secundários são do tipo colaterais com tamanhos variados, apresentando contorno convexo e bainha esclerenquimática, mais proeminente próximo ao floema (Fig. 2A).

A epiderme na nervura central é uniestratificada, sendo composta de células com formato arredondado e paredes espessadas (Figs. 2B, 2C). Verifica-se uma moderada camada de cutícula que faz o contorno em forma de “U” (Figs. 2B, 2C). Subjacente à epiderme adaxial, ocorrem de 8 a 10 camadas de colênquima angular (Fig. 2D). Mas, internamente ao colênquima da face abaxial, são observadas cerca de 5 a 6 camadas de parênquima fundamental, nas quais há considerável presença de drusas (Fig. 2D). O feixe vascular convexo do tipo colateral é circundado por uma bainha esclerenquimática proeminente voltada para a face abaxial (Fig. 2D).

A estrutura anatômica do pecíolo em secção transversal apresenta o contorno côncavo na face adaxial e convexo na face abaxial (Fig. 2E). A epiderme é uniestratificada, com células arredondadas de paredes espessadas (Fig. 2F). O pecíolo apresenta esparsos tricomas tectores e glandulares. Logo abaixo da epiderme adaxial, encontramos cerca de 6 a 10 camadas de colênquima angular, seguidas de 6 a 8 camadas de parênquima fundamental. Em relação à face abaxial, a espécie apresenta cerca de 10 a 13 camadas de colênquima angular, seguidas de 4 a 6 camadas de parênquima fundamental (Fig. 2H). Na face abaxial, as células colenquimáticas são mais volumosas e mais proeminentes que na adaxial. Idioblastos contendo drusas são frequentes no colênquima, no parênquima e no floema (Figs. 2F, 2G, 2H). O feixe vascular é côncavo convexo do tipo colateral (Fig. 2E).

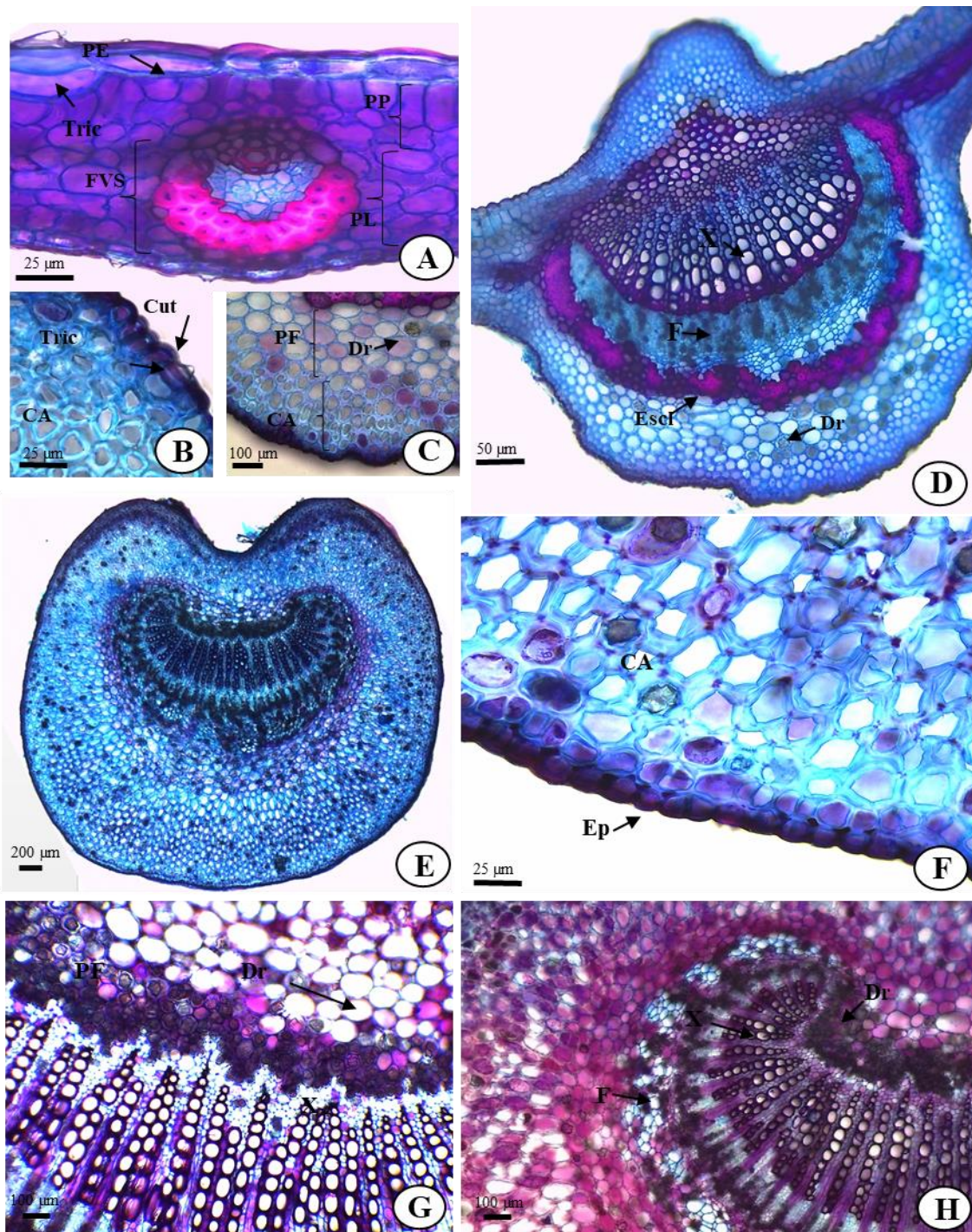


Figura 2. Secções transversais da região mediana da lâmina foliar de *Celtis schippii*. **A.** Visão geral da asa foliar; **B-C.** Detalhe da epiderme adaxial e abaxial na nervura central; **D.** Visão geral da nervura central. Secções transversais do pecíolo. **E.** Visão geral do pecíolo; **F.** Detalhe da epiderme; **G.** Colênquima angular, parênquima fundamental e drusas. **H.** Detalhe feixe vascular, floema, xilema, parênquima fundamental e colênquima. (**PP**- parênquima paliçádico, **PL**- parênquima lacunoso, **FVS**- feixe vascular secundário, **Dr**- drusas, **Tric** – tricoma PE- parede espessa, Ep- epiderme, **Cut**- cutícula, **CA**- colênquima angular, **PF**- parênquima fundamental, **Escl**- esclerênquima, **F**- floema e **X**- xilema).

Discussão

Epiderme uniestratificada com células de formato retangular com paredes espessadas, presença de tricomas; características da nervura central com contorno biconvexo, feixe vascular convexo do tipo colateral e colênquima angular voltado para as duas faces, são atributos comuns em espécies do gênero como, *C. iguanaea* e *C. ehrenbergiana* (Paula *et al.* 2010; Arambarri *et al.* 2011; Nughes *et al.* 2013).

Uma característica que diferiu dos estudos anatômicos em espécies do gênero *Celtis* L. foi a presença de folhas hipoestomáticas. Folhas anfiestomáticas foram relatadas em espécies de *C. iguanaea* e *C. ehrenbergiana* (Paula *et al.* 2010; Arambarri *et al.* 2011; Nughes *et al.* 2013), e folhas anfiestomáticas e hipoestomáticas foram observadas em plantas de *C. ehrenbergiana* que cresceram em diferentes ambientes (Arambarri *et al.* 2011).

A presença abundante de sílica na face adaxial apontada para essa espécie não foi relatada nos demais trabalhos publicados. Feixes vasculares do tipo colateral com tamanhos variados, que apresentam contorno convexo com bainha esclerenquimática proeminente que os envolve, são características da espécie estudada, as quais também não foram relatadas em nenhum dos artigos publicados.

C. schippii apresentou células epidérmicas poligonais de tamanhos variados e paredes espessadas, assim como descrito por Paula *et al.* (2010) para *C. iguanaea*. O contorno de parede curvo e súpero na face adaxial juntamente com os contornos sinuosos com espessamento ínfero na face abaxial de *C. schippii* diferiram de estudos anatômicos comparativos feitos em folha de sol e de sombra em *C. ehrenbergiana* (Nughes *et al.* 2013). Arambarri (2011), investigando a ecoanatomia de *C. ehrenbergiana*, encontrou paredes anticliniais retas, e em *C. iguanaea*, paredes

anticlinais retas a levemente curvadas na face adaxial. Essas características são influenciadas pelo ambiente (Metcalf & Chalk 1979; Arambarri 2011; Nughes *et al.* 2013) e tal discussão mostra que existe variação nesse caractere, não podendo ser utilizado em diagnósticos para a taxonomia do grupo.

Uma característica peculiar nessa espécie é a presença de estômatos com dois tipos de células-guarda: reniformes e halteriformes. Até o presente, nenhum estudo anatômico relatou essa característica, pois estômatos halteriformes são típicos de gramíneas e estômatos reniformes são típicos de eucotiledonea (Hetherington & Woodward 2003). Estômatos anomocíticos e anisocíticos, localizados no mesmo nível das demais células epidérmicas, foram relatados para outras espécies do gênero (Dottori 1976; Nughes *et al.* 2013; Paula *et al.* 2010; Arambarri 2011).

Em estudos anatômicos comparativos feitos em *C. ehrenbergiana* e *C. Iguanaea*, foram descritos indumentos formados por tricomas glandulares e não glandulares em ambas as superfícies foliares (Arambarri 2011; Nughes *et al.* 2013). Estudos em *C. iguanea* só evidenciaram tricomas tectores (Paula *et al.* 2010). Tricoma é um caráter estável e constitui uma ferramenta valiosa do ponto de vista taxonômico (Metcalf & Chalk 1979). Tricomas tectores formam barreira mecânica contra herbívoros e patógenos, radiação, calor e controle hídrico, e os tricomas glandulares conferem proteção eliminando substâncias lipofílicas (Valkama *et al.* 2003). A presença de tricomas em ambas as faces é indicativo de recursos consistentes com ambientes xeromórficos (Ariano & Silva 2016).

A estrutura do mesofilo dorsiventral, com poucas lacunas intercelulares, corrobora com dados para algumas espécies do gênero (Paula *et al.* 2010; Arambarri 2011). Mesofilo com poucos espaços intercelulares é recurso consistente com ambientes xeromórficos (Ariano & Silva 2016). Em outras espécies do gênero, foram descritos

mesófilos homogêneos e dorsiventrais para uma mesma espécie em diferentes ambientes (Arambarri 2011; Nughes *et al.* 2013).

Idioblastos contendo drusas foram descritos em *C. iguanea* (Paula *et al.* 2010). Na espécie aqui estudada, esses idioblastos são frequentes no colênquima, no parênquima e no floema, sendo apontados na literatura como produtos de excreção das plantas (Esau 1977). Vários autores relacionam os cristais de oxalato de cálcio presentes na forma de drusas, com a proteção contra herbivoria e possível suporte mecânico (Franceschi & Horner 1980).

A nervura central apresenta células epidérmicas arredondadas e espessadas em todas as direções, o crescimento da parede anticlinal é mais acentuado e apresenta uma moderada camada de cutícula que faz o contorno em forma de “U”, sendo esta característica também descrita para *C. ehrenbergiana* (Nughes *et al.* 2013). Os cristais agrupados como drusas também foram descritos como presentes em *C. ehrenbergiana* e *C. iguanaea* (Dottori 1976; Paula *et al.* 2010; Nughes *et al.* 2013).

O formato da nervura central, o formato do pecíolo e o padrão vascular são critérios utilizados para a diferenciação das espécies (Donato & Morretes 2011; Wosch *et al.* 2015). As características anatômicas do pecíolo, como o contorno côncavo convexo, a epiderme uniestratificada e a presença abundante de drusas em *C. schippii*, assemelham-se à descrição de *C. iguanaea* feita por Paula (2010). A presença de cristais de oxalato de cálcio está relacionada a uma adaptação dos vegetais contra a herbivoria, o balanço iônico e o suporte estrutural (Messerli *et al.* 2000; Holdaway-Clarke *et al.* 2003, Navarro *et al.* 2007). Paula *et al.* (2010) relatou a presença de grande quantidade de tricomas em *C. iguanaea*, diferindo de *C. schippii*, que apresentou raros tricomas no pecíolo. A anatomia do pecíolo é de interesse em taxonomia, uma vez que pode revelar

distintos padrões de feixes vasculares (Howard 1979; Mauseth 1988; Donato & Morretes 2011).

A caracterização de *C. schippi* apresentada nesse estudo se assemelha às relatadas para o gênero *Celtis* e contribuem para o conhecimento anatômico dessa espécie. Entretanto, evidenciamos que a espécie apresenta algumas diferenças que podem ser utilizadas na sua circunscrição, como folhas exclusivamente hipoestomáticas, presença abundante de sílica, feixes vasculares colaterais com tamanhos variados e bainha esclerenquimática.

Uma característica inédita apresentada nessa espécie é a presença de dois tipos de estômatos: reniformes e halteriformes, fato este nunca antes relatado na literatura, sendo, portanto, útil para a taxonomia da espécie.

Epiderme com células de parede espessa recoberta por cutícula de espessamento moderada, presença de tricomas em ambas as faces foliares e no pecíolo, mesofilo dorsiventral, e paredes celulares espessas são indicativos da capacidade dessa espécie de sobreviver em ambientes em condições de mesófilas a xerófilas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecemos ao PELD Cerrado - Amazônia e ao RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais) por ceder o material botânico.

Referências

- Arambarri AM, Novoa MC, Bayón ND, Hernández MP, Colares MN & Monti C (2011) Anatomía foliar de arbustos y árboles medicinales de la región chaqueña semiárida de la Argentina. *Dominguezia* 27: 5-24.
- Ariano APR & Silva IVD (2016) Leaf anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophysiognomies of the Mato Grosso State, Brazil. *Acta Amazonica* 46: 119-126.
- APG III - Angiosperm Phylogeny Group (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Batista MEP, Da Costa Silva D, Sales MA, Sá AA, Saraiva AA & Loiola MIB (2017) New data on the stem and leaf anatomy of two conifers from the Lower Cretaceous of the Araripe Basin, northeastern Brazil, and their taxonomic and paleoecological implications. *PloS one* 12: e0173090.
- Berg CC & Dahlberg SV (2001) A revision of *Celtis* subg. *Mertensia* (Ulmaceae). *Brittonia* 53: 66-81.
- Bozzola JJ & Russel LD (1992) *Electron Microscopy*. Boston, Jones and Bartlett Publishers, 1992.
- Burger W (1977) Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae. *In*: Burger WC (ed.). *Flora costaricensis*. *Fieldiana, Botany* 40: 83-291.
- Carlquist S. (1961) *Comparative plant anatomy*. Rinehart and Winston: New York. (At Jodrell Lab.) Hairs, floral anatomy etc. 146Pp.
- Dickison WC (2000) *Integrative plant anatomy*. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Donato AM & Morretes BL (2011) Leaf morphoanatomy of *Myrcia multiflora* (Lam.) DC.-Myrtaceae. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 13: 43-51.
- Dottori NM (1976) Morfología foliar en *Celtis* tala y *C. pallida* con especial referencia a los domacios. *Kurtziana* 9: 63-80.
- Esau K (1959) *Anatomia Vegetal* (trad. original "Plant Anatomy" por Dr. José Pons Russel).
- Esau K (1977) *Anatomia das plantas com sementes*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Franceschi VR & Horner HT (1980) Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review* 46: 361-427.
- Fidalgo O & Bononi Vlr (1984) Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. Manual 4. Instituto de Botânica, São Paulo.

Finot VL, Baeza CM, & Matthei O (2006) Micromorfología de la epidermis de la lemma de *Trisetum* y géneros afines (Poaceae, Pooideae). *Darwiniana*, nueva serie 44: 32-57.

Gomes-Bezerra KM, Gomes SM, Silveira CEDS, & Soares-Silva L H (2018) Leaf epidermal descriptors applied to the taxonomy of Lauraceae, including new anatomical characters. *Phytotaxa* 358: 49-66.

Hetherington AM, & Woodward FI (2003) The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature* 424: 901.

Holdaway-Clarke TL, Weddle NM, Kim S, Robi A, Parris C, Kunkel JG & Hepler PK (2003) Effect of extracellular calcium, pH and borate on growth oscillations in *Lilium formosanum* pollen tubes. *Journal of experimental botany* 54: 65-72.

Howard RA (1979) The petiole. In Metcalfe CR, Chalk L. *Anatomy of the dicotyledons*. Oxford: Clarendon Press, Pp. 88-96.

Humphries CJ & Blackmore S (1989) A review of the classification of the Moraceae. *In*: Crane PR. & Blackmore S (eds.). *Evolution, systematics, and fossil history of the Hamamelidae. "Higher" Hamamelidae*. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford, London, Pp. 264-277.

Joffily A & Vieira RC (2005) Anatomia foliar de *Maytenus Mol. emend Mol.* (Celastraceae), ocorrente no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 549-561.

Judd WS, Sanders RW, & Donoghue MJ (1994) Angiosperm family pairs: preliminary phylogenetic analyses. *Harvard papers in Botany* 5: 1-51.

Kraus JE, de Sousa HC, Rezende MH, Castro NM, Vecchi C & Luque R (1998) Astra blue and basic fuchsin double staining of plant materials. *Biotechnic & histochemistry* 73: 235-243.

Kraus JE & Arduin M (1997) *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Rio de Janeiro: Ed. Universidade Rural. Pp. 110-111.

Kerp H (1990) The study of fossil gymnosperms by means of cuticular analysis. *Palaios* 5: 548-569.

Köppen W (1948) *Climatologia*. México. Fundo de Cultura Econômica.

Lowe J, Franz B & Curran M (2017) Methods of growing cannabaceae plants using artificial lighting. U.S. Patent n. 9,844,518.

Mauseth JD (1988) *Plant Anatomy*. The Benjamin. Cummings, Menlo Park.

Martins EGA & Pirani JR (2009) Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Cannabaceae. *Boletim de Botânica* 27: 247-251.

- Messerli MA, Creton R, Jaffe LF & Robinson KR (2000) Periodic increases in elongation rate precede increases in cytosolic Ca^{2+} during pollen tube growth. *Developmental biology* 222: 84-98.
- Metcalf CR & Chalk L (1979) *Anatomy of the dicotyledons: Systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject*. Vol. 1. Oxford, Clarendon Press.
- Metcalf C & Chalk L (1957) *Anatomy of the Dicotyledons. Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy*. Vol II.
- Metcalf Cr & Chalk L (1983) *Anatomy of the Dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction*. 2nd ed. Vol. 2. Oxford: Clarendon Press.
- Navarro LA, Duarte L & Klein RC (2007) Caracterização dos cristais de oxalato de cálcio nas partes reprodutivas e vegetativas aéreas de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (Aquifoliaceae). *Revista Brasileira de Biociências* 5: 762-764.
- Nimer E (1989) Clima. *In: Duarte AC (Ed.) Geografia do Brasil, Vol. 1. Região Centro-Oeste*. IBGE, Rio de Janeiro. Pp. 23-34.
- Nughes L, Colares M, Hernández M & Arambarri A (2013) Morfo-anatomía de las hojas de *Celtis ehrenbergiana* (Celtidaceae) desarrolladas bajo condiciones naturales de sol y sombra. *Bonplandia* 22: 159-170.
- Paula MA, Couto RO, Bara MTF, Rezende MH, Paula JR & Costa EA (2010) Caracterização farmacognóstica da *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sargent. *Latin American Journal of Pharmacy* 29: 526-533.
- Planchon JE (1873) Ulmaceae. *In: De Candolle AP (ed) Prodrromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*. Truettel & Wurtz, Paris 17:151-210.
- Pederneiras LC, Costa AFD, Araujo DSDD & Carauta JPP (2011) Ulmaceae, Cannabaceae and Urticaceae of restingas of the state of Rio de Janeiro. *Rodriguésia* 62: 299-313.
- Pearse AGE (1972) *Histochemistry: theoretical and applied*. 3. Ed. Baltimore, Williams & Wilkins.
- Philippe M & Bamford MK (2008) A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. *Review of Palaeobotany and Palynology* 148: 184-207.
- Pilati R & Souza LAD (2006) Morfoanatomia da plântula de *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (Ulmaceae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 28: 1-6.
- Pinedo AS, Martins RC, De Oliveira RC & Gomes SM (2016) Leaf anatomy in *Allagoptera* (Arecaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 182: 361-375.
- Richter HG, Grosser D, Heinz I, & Gasson PE (2004) Iawa list of microscopic features for softwood identification. *IAWA JI* 25: 1-70.

Roeser KR (1962) Die nadel der schwarzkiefer massenprodukt und kunstwerk der naturen Mikrokosmos 61: 33-36.

Romanczuk MC & Del Pero De Martínez MA (1978) Las especies del género *Celtis* (Ulmaceae) en la flora Argentina. Darwiniana 21: 541-577.

Sattarian A (2006) Contribution to the biosystematics of *Celtis* L. (Celtidaceae) with special emphasis on the African species. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen.

SEPLAN/MT (2001) Distribuição da Pluviosidade Média Anual (1983-1994). Zoneamento Sócio-econômico Ecológico. PRODEAGRO. Ministério de Integração Nacional.

Standley P C & Steyermark JA (1946) Flora of Guatemala. Flora of Guatemala.

Stevens PF (2001 onwards) Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]." will do. <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>>. Acesso em 2018.

Sytsma KJ, Morawetz J, Pires JC, Nepokroeff M, Conti E, Zjhra M & Chase MW (2002) Urticalean rosids: circumscription, rosid ancestry, and phylogenetics based on *rbcL*, *trnL-F*, and *ndhF* sequences. American Journal of Botany 89: 1531-1546.

Smith FH & Smith EC (1942) Anatomy of the inferior ovary of *Darbya*. American Journal of Botany 29: 464-471.

Song BH, Wang XQ, Li F Z & Hong DY (2001) Further evidence for paraphyly of the Celtidaceae from the chloroplast gene *matK*. Plant Systematics and Evolution 228: 107-115.

Torres RB & Luca AQ (2005) Ulmaceae. *In*: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Melhem TS, Martins SE, Kirizawa M & Giuliatti AM (eds.) Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, vol. 4, Pp: 361-370.

Valkama E, Salminen JP, Koricheva J & Pihlaja K (2003) Comparative analysis of leaf trichome structure and composition of epicuticular flavonoids in Finnish birch species. Annals of Botany 91: 643-655.

Viana PL & Gil ADSB (2018) Flora of the canga of Serra dos Carajás, Pará, Brazil: Cannabaceae. Rodriguésia 69: 49-51.

Wiegrefe SJ, Sytsma KJ & Guries RP (1998) The Ulmaceae, one family or two? Evidence from chloroplast DNA restriction site mapping. Plant Systematics and Evolution 210: 249-270.

Wosch L, Imig DC, Cervi AC, Moura BB, Budel JM & De Moraes Santos C.A (2015) Comparative study of *Passiflora* taxa leaves: I. A morpho-anatomic profile. Revista Brasileira de Farmacognosia 25: 328-343.

Yang M Q, Van Velzen R, Bakker FT, Sattarian A, Li DZ & Yi TS (2013) Molecular phylogenetics and character evolution of Cannabaceae. *Taxon* 62: 473-485.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Ao analisar o complexo epidérmico das espécies dominantes da comunidade de Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e de Cerradão ao sul da Amazônia, observamos que as espécies em cada comunidade possuem adaptações para os períodos de seca a que estão expostas.

NXV foi a comunidade que mais se diferenciou dentre as três estudadas. Inserida na fitofisionomia de Cerradão, é a comunidade com menor índice pluviométrico e a que apresentou maiores variações para os traços funcionais analisados entre as espécies. As comunidades arbóreas de Alta Floresta (ALF) e Gaúcha do Norte (GAU) compartilharam mais traços funcionais anatomicos entre as espécies estudadas.

As variações ocorrentes entre as espécies em cada comunidade e as variações entre as comunidades estudadas são decorrentes das adaptações necessárias para o sucesso das espécies. Entre as variações, destacamos densidade estomática, espessura da cutícula, espessura da epiderme e presença de tricomas, todas relacionadas diretamente com a regulação da transpiração, que é um mecanismo contra perda de água.

O estudo propiciou o conhecimento de características anatomicas de 29 espécies distribuídas em 21 famílias, as quais nos revelam o quanto essas espécies estão adaptadas aos seus ambientes, propiciando o conhecimento de como essas espécies podem responder às mudanças climáticas.

Dentre as espécies estudadas, *Celtis schippii* de ALF se destacou por apresentar uma característica nunca antes relatada para eucotiledôneas, que é a presença de estômatos halteriformes. Essa espécie apresentou outros atributos, como cinco morfotipos de tricomas, cutícula e parênquima lacunoso denso. A espécie apresentou características mesófitas e xerófitas, e consideramos essas como adaptações para sua comunidade de ocorrência.

APÊNDICES

Tabela 11. Matriz de correlação de Serman para os traços funcionais anatômicos da epiderme de três comunidades arbóreas do sul da Amazônia.

	PLUVI	IEST	DEST	CNCAb	CNCAd	CAFAd	CAFAb	EENCAb	EENCAAd	EEAFAd	EEAFAb
PLUVI	1	0,15	-0,14	-0,46	-0,54	-0,12	-0,36	-0,42	-0,24	-0,21	-0,12
IEST	0,15	1	0,51	-0,22	-0,14	-0,19	0,08	-0,13	-0,09	-0,02	-0,06
DEST	-0,14	0,51	1	-0,06	-0,01	-0,09	0,2	-0,16	-0,34	-0,13	-0,4
CNCAb	-0,46	-0,22	-0,06	1	0,73	0,43	0,42	0,38	0,29	0,01	0,15
CNCAd	-0,54	-0,14	-0,01	0,73	1	0,49	0,54	0,37	0,3	-0,04	0,28
CAFAd	-0,12	-0,19	-0,09	0,43	0,49	1	0,59	0,19	0,16	-0,02	0,26
CAFAb	-0,36	0,08	0,2	0,42	0,54	0,59	1	0,25	0,15	0,02	0,11
EENCAb	-0,42	-0,13	-0,16	0,38	0,37	0,19	0,25	1	0,57	0,37	0,42
EENCAAd	-0,24	-0,09	-0,34	0,29	0,3	0,16	0,15	0,57	1	0,37	0,43
EEAFAd	-0,21	-0,02	-0,13	0,01	-0,04	-0,02	0,02	0,37	0,37	1	0,4
EEAFAb	-0,12	-0,06	-0,4	0,15	0,28	0,26	0,11	0,42	0,43	0,4	1

Tabela 12. Valores médios da morfometria dos traços funcionais epidérmicos das espécies por comunidade arbórea de florestas ao sul da Amazônia.

	Espécies	IEST	DEST	CNCAb	CNCAd	CAFAd	CAFAb	EENCAb	EENCAd	EEAFAd	EEAFAb
ALF	<i>B. lactescens</i>	24,40±4,02	548,79±78,75	3,73±0,51	5,04±0,64	5,69±1,781	5,41±1,07	7,34±1,84	11,04±1,90	16,98±4,67	9,65±1,10
ALF	<i>C. schippii</i>	14,51±1,72	549,81±51,43	3,50±0,74	3,93±0,79	5,48±0,74	4,48±0,85	10,27±1,44	10,06±1,73	19,06±3,73	8,56±1,37
ALF	<i>C. cliniumcognatum</i>	11,85±1,31	243,34±36,40	8,41±0,90	8,20±1,96	8,00±1,05	5,03±1,37	11,33±1,87	13,93±2,67	12,12±2,59	10,35±1,27
ALF	<i>C. venezuelanense</i>	9,88±1,31	210,76±38,60	5,57±1,29	6,58±1,12	7,74±1,26	3,74±0,86	9,99±3,87	11,86±3,16	13,83±1,33	11,07±1,52
ALF	<i>G. kunthiana</i>	7,30±1,43	165,96±26,10	4,72±1,02	5,11±1,09	5,20±0,84	2,93±0,71	9,22±0,80	13,84±1,72	12,77±2,55	8,70±1,60
ALF	<i>P. laevis</i>	11,91±1,57	235,20±27,11	4,57±0,72	3,44±0,37	6,43±0,96	4,91±0,81	9,74±1,74	9,77±1,72	31,46±5,82	8,69±1,10
ALF	<i>P. sagotianum</i>	15,34±2,56	361,45±49,37	2,78±0,58	3,49±0,39	4,44±0,49	3,48±0,55	5,16±0,98	8,37±1,48	9,77±2,43	8,08±0,68
ALF	<i>P. tenuifolium</i>	16,21±4,66	438,83±99,80	4,32±0,82	3,48±0,43	4,40±0,58	3,23±0,46	8,54±2,21	9,70±1,87	8,89±1,45	7,14±0,65
ALF	<i>R. ullei</i>	16,89±3,28	158,83±34,59	3,50±0,56	4,64±0,72	4,67±1,14	3,32±0,76	12,93±1,63	15,26±4,62	30,86±5,77	25,00±3,69
ALF	<i>T. altissima</i>	31,01±5,62	530,46±134,79	4,85±0,56	4,80±0,75	6,10±0,75	5,32±0,90	8,74±1,42	10,95±0,60	18,22±4,09	11,62±2,86
ALF	<i>T. especiosum</i>	15,92±0,00	344,30±0,00	4,78±0,63	4,28±0,54	4,81±0,69	3,88±0,65	9,61±1,92	17,41±1,24	25,89±4,30	7,35±2,50
GAU	<i>C. echinocarpus</i>	14,13±1,03	206,94±79,02	4,20±0,45	5,23±0,98	6,22±1,09	3,90±0,68	11,98±1,41	13,60±0,95	19,47±1,99	12,79±2,49
GAU	<i>D. microcarpa</i>	14,77±1,92	483,63±48,87	5,54±0,72	5,88±0,75	5,00±0,80	4,16±0,74	12,97±1,62	14,23±2,74	14,15±3,25	9,59±1,63
GAU	<i>G. schomburkuana</i>	10,08±2,41	142,54±44,68	5,97±1,60	5,61±0,98	9,92±2,00	5,92±0,55	12,03±1,49	16,01±2,21	14,18±1,54	10,44±1,49
GAU	<i>H. balsamifera</i>	18,73±1,02	187,09±12,74	6,67±0,56	7,55±0,88	6,46±1,01	6,07±0,70	21,72±2,50	25,68±4,76	23,82±5,34	18,83±2,75
GAU	<i>M. guianensis</i>	8,68±1,46	305,45±41,24	6,93±1,60	7,83±1,65	5,76±0,73	5,12±0,79	13,63±2,78	14,08±3,31	20,03±4,05	10,48±1,87
GAU	<i>M. pyrifolia</i>	17,44±1,26	577,30±40,46	5,46±0,67	6,81±0,97	7,05±0,82	6,76±0,33	11,90±1,79	12,93±0,51	12,72±1,07	7,07±1,40
GAU	<i>O. guianenses</i>	15,18±1,80	470,39±45,36	6,29±1,28	6,57±0,83	5,05±0,79	5,14±0,95	12,04±0,61	11,09±1,51	11,10±2,51	6,06±1,00
GAU	<i>P. pilosissimum</i>	13,64±1,39	267,78±29,62	4,77±0,76	4,85±0,80	3,94±0,49	3,91±0,73	7,64±1,72	10,31±1,66	6,73±1,02	4,82±0,79
GAU	<i>S. guianensis</i>	19,17±1,82	324,79±53,45	5,19±0,74	7,43±1,33	7,30±1,17	6,56±1,07	11,62±1,36	15,82±0,67	14,60±2,30	11,83±1,75
GAU	<i>X. amazonica</i>	20,75±2,76	267,78±23,71	5,41±0,94	5,40±0,88	4,74±0,71	4,16±0,48	11,04±1,24	13,49±1,30	13,01±2,06	10,81±2,41
NXV	<i>A. multiflorum</i>	8,61±0,74	337,01±25,83	12,13±2,41	14,26±2,12	7,47±1,08	6,74±1,53	9,65±3,22	10,18±1,66	12,48±2,34	11,32±1,75
NXV	<i>E. nitens</i>	10,45±1,12	342,10±45,36	12,74±2,52	13,16±1,62	10,09±1,16	9,17±0,92	17,18±2,03	15,35±2,42	17,37±2,13	9,35±2,70
NXV	<i>H. glandulosa</i>	8,79±1,73	256,58±38,88	3,94±1,01	5,18±0,83	5,52±0,66	4,82±1,09	22,67±5,71	23,32±3,12	26,45±4,24	15,04±2,61

NXV	<i>M. guianensis</i>	15,07±2,82	621,08±19,85	3,81±0,73	4,05±0,55	4,37±0,74	3,68±0,67	10,35±1,43	10,61±1,14	25,10±2,46	6,37±0,99
NXV	<i>M. splendens</i>	26,60±2,28	580,35±64,96	5,55±0,73	7,75±1,05	6,52±0,99	6,21±0,79	9,33±1,58	8,67±1,86	13,21±1,36	7,88±1,28
NXV	<i>T. guianensis</i>	9,56±1,91	190,66±79,67	5,86±0,79	5,95±0,71	3,87±0,70	3,68±0,95	11,10±2,77	13,32±2,39	28,65±3,40	10,25±0,89
NXV	<i>T. vulgaris</i>	10,10±2,13	413,38±89,13	9,39±1,19	10,35±1,47	9,11±1,36	6,09±1,49	12,28±1,40	14,29±2,50	23,13±2,03	13,19±1,67
NXV	<i>X. aromatica</i>	20,59±2,04	412,36±43,95	9,14±1,04	7,59±0,88	5,07±1,01	4,65±0,71	15,31±1,23	32,48±5,52	42,50±9,66	12,10±1,66

Médias seguidas do desvio-padrão. Alta Floresta (ALF), Gaúcha do Norte (GAU), Nova Xavantina (NXV), Índice estomático (IEST), Densidade estomática (DEST), Cutícula da nervura central adaxial (CNCAd), Cutícula da nervura central abaxial (CNCAb), Cutícula da asa foliar adaxial (CAFAd), Cutícula da asa foliar abaxial (CAFAb), Espessura da epiderme na nervura central abaxial (EENCAb), Espessura da Epiderme na nervura central adaxial (EENCAd), Espessura da epiderme na asa foliar adaxial (EEAFAd), Espessura da epiderme na asa foliar abaxial (EEAFAb).

NORMAS DAS REVISTAS PARA SUBMISSÃO DOS CAPÍTULOS

Capítulo 1 – International Journal of Plant Sciences

Capítulo 2 – Rodriguésia