

JOSIANE SILVA ARAÚJO

**ANATOMIA DE ESPÉCIES DE *Banisteriopsis* C. B. ROB.
(MALPIGHIACEAE) OCORRENTES NO BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A663a
2014 Araújo, Josiane Silva, 1981-
Anatomia de espécies de *Banisteriopsis* c. B. Rob.
(Malpighiaceae) ocorrentes no Brasil / Josiane Silva Araújo. -
Viçosa, MG, 2014.
xi, 60f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Renata Maria Strozi Alves Meira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Malpighiaceae. 2. *Banisteriopsis* C. B. Rob. 3. Plantas -
Anatomia. 4. Morfologia floral. 5. Glândulas foliares.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Biologia Vegetal. Programa de Pós-graduação em Botânica.
II. Título.

CDD 22. ed. 583.79

JOSIANE SILVA ARAÚJO

**ANATOMIA DE ESPÉCIES DE *Banisteriopsis* C. B. ROB.
(MALPIGHIACEAE) OCORRENTES NO BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 25 de fevereiro de 2014.

João Augusto Alves Meira Neto
(Coorientador)

Dayana Maria Teodoro Francino

Aristéa Alves Azevedo

Marcela Thadeo

Renata Maria Strozi Alves Meira
(Orientadora)

Dedico aos meus pais João Araújo e Maria de Jesus e às minhas irmãs Josmarria e Josciane, que sempre me apoiaram e incentivaram, fazendo-me acreditar que esta conquista seria possível. Por compreenderem que a distância física seria necessária e hoje o que era sonho se torna uma realidade de valor imensurável.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora, por terem-me dado forças para seguir mesmo quando tudo parecia difícil.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do Curso.

À Universidade Estadual do Piauí (UESPI), por permitir o meu afastamento durante o período de realização das disciplinas e da parte prática do trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI), pela concessão da bolsa de doutorado.

À minha orientadora Renata Maria Strozi Alves Meira, pela amizade, orientação, confiança, pelo carinho, pela compreensão e pelos ensinamentos que foram essenciais para a execução deste trabalho.

Aos meus coorientadores Ana Paula e João Meira, pelo apoio, pelas sugestões, críticas e pelo auxílio no decorrer do trabalho.

Às Professoras Aristéa e Luzimar, pela agradável convivência e pelos ensinamentos durante esses anos.

Aos curadores dos herbários VIC (Universidade Federal de Viçosa), UB (Universidade de Brasília), IBT (Instituto de Botânica de São Paulo), RB (Jardim Botânico do Rio de Janeiro), INPA (Instituto de Pesquisas da Amazônia), MBM (Museu Botânico Municipal, Curitiba-PR), HUEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana) e UPCB (Universidade Federal do Paraná), pelo envio do material botânico.

Aos meus pais João Araújo e Maria de Jesus, pelo apoio incondicional, pela compreensão, pelo incentivo, carinho, pelos ensinamentos, pela formação intelectual, enfim, por todo o amor dispensado a mim.

Às minhas irmãs Josmarria e Josciane, pelo amor, apoio, incentivo, carinho e pela amizade.

Ao meu esposo Atanael Filho, pelo amor, pela amizade, compreensão, pelo incentivo, pelos momentos de descontração, pelo companheirismo e por ter-me apoiado em todos os momentos.

À minha amiga Carla Feio, pelo apoio, pela amizade, pelo carinho, pelos momentos de descontração e pelo grande auxílio.

A Dya e Ítalo, pelo auxílio na coleta de material nos herbários.

A Karina, pelas conversas e pelos momentos de descontração.

A Aurora e Patrícia, técnicas do Laboratório de Anatomia Vegetal da UFV, pela agradável convivência e pelo auxílio.

Ao Ângelo Valentim, por ser muito prestativo e atencioso.

Aos meus colegas de laboratório Valéria, Lays, Luana, Carol, Vitor, Pedro Paulo, Samara, Priscila, Talita, Larisse, Nayara, Tica, Sarão, Sara e Kalyne, pelo companheirismo.

Ao Professor Francisco Soares Santos Filho, pelo apoio, incentivo e por ser sempre um grande amigo.

À Professora Fátima Pires, pelo apoio e incentivo.

A todas as pessoas que, de alguma forma, me auxiliaram na conquista deste objetivo.

BIOGRAFIA

JOSIANE SILVA ARAÚJO, filha de João Araújo da Silva e Maria de Jesus da Silva Araújo, nasceu em 7 de março de 1981, em Teresina, Estado do Piauí.

Em 2005, concluiu o Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI), em Teresina, PI.

No período de 2002 a 2004, participou do Programa de Iniciação Científica da UESPI, desenvolvendo o projeto intitulado “Estudos Botânicos sobre o Gênero *Phyllanthus* (Euphorbiaceae)”.

Em fevereiro de 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Botânica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa da Dissertação em fevereiro de 2008.

Em setembro de 2009, foi aprovada em Concurso Público, assumindo o cargo de Professora Efetiva da Universidade Estadual do Piauí, onde permanece como servidora ativa.

Em 2011, deu início ao Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Botânica da UFV, com o desenvolvimento do projeto “Anatomia de espécies de *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Malpighiaceae) ocorrentes no Brasil”, na linha de pesquisa Anatomia Vegetal, submetendo-se à defesa da Tese em fevereiro de 2014.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
ORGANIZAÇÃO DA TESE	5
REFERÊNCIAS	6
ARTIGO 1.....	8
ANATOMIA COMO SUBSÍDIO PARA A TAXONOMIA EM ESPÉCIES DE <i>Banisteriopsis</i> C. B. Rob. (Malpighiaceae)	8
RESUMO	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO.....	19
REFERÊNCIAS	23
ARTIGO 2.....	37
ANATOMIA COMPARADA DAS GLÂNDULAS CALICINAIS E FOLIARES DE <i>Banisteriopsis</i> C. B. Rob. (Malpighiaceae)	37
RESUMO	39
INTRODUÇÃO	40

	Página
MATERIAL E MÉTODOS	41
RESULTADOS	43
DISCUSSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	48
CONCLUSÕES GERAIS	59

RESUMO

ARAÚJO, Josiane Silva, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Anatomia de espécies de *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Malpighiaceae) ocorrentes no Brasil.** Orientadora: Renata Maria Strozi Alves Meira. Coorientadores: João Augusto Alves Meira Neto e Ana Paula Santos Gonçalves.

Banisteriopsis é considerado um dos gêneros mais complexos de Malpighiaceae devido à similaridade na morfologia floral, bem como ao elevado número de espécies, o que levou à proposição de diferentes tratamentos taxonômicos para circunscrição do gênero. A presença de glândulas calicinais e foliares é comum em *Banisteriopsis* e em vários representantes de Malpighiaceae, sendo consideradas estruturas importantes tanto para auxiliar na taxonomia quanto para o sucesso adaptativo da família. Com isso, este trabalho teve como objetivos descrever a anatomia foliar de 42 das 47 espécies de *Banisteriopsis* que ocorrem no Brasil; caracterizar anatomicamente as glândulas calicinais e foliares de 38 espécies; e identificar histoquimicamente a natureza química da substância secretada em *B. campestris*, *B. laevifolia* e *B. malifolia*. Foram identificados caracteres que auxiliaram na distinção de espécies, como: contorno do pecíolo, presença e ausência de feixes acessórios no pecíolo, conformação do sistema vascular do pecíolo, forma da nervura principal, presença e ausência de glândulas foliares, bem como a forma dessas estruturas. As glândulas calicinais diferem das foliares por apresentarem superfície secretora irregular, recoberta por cutícula espessa que se solta da epiderme

pelo acúmulo da secreção. Nas demais características, as glândulas são semelhantes. Os testes histoquímicos detectaram grânulos proteicos, polissacarídeos e lipídios nas glândulas das espécies analisadas, evidenciando secreção de natureza mista. Este estudo comprovou a utilidade de dados anatômicos para os estudos de taxonomia em espécies de *Banisteriopsis*, indicando ser isso uma ferramenta promissora para a família Malpighiaceae como um todo.

ABSTRACT

ARAÚJO, Josiane Silva, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Anatomy Species *Banisteriopsis* CB Rob. (Malpighiaceae) occurring in Brazil.** Adviser: Maria Renata Alves Meira Strozi. Co-Advisers: João Augusto Alves Meira Santos Neto and Ana Paula Gonçalves .

Banisteriopsis is considered one of the most complex genera of Malpighiaceae due to similarity in floral morphology and the high number of species, which led to proposition of different taxonomic treatments for the circumscription of the genus. The presence of calycine and leaf glands is common in *Banisteriopsis* and several representatives of Malpighiaceae, both structures being considered important to assist in the taxonomy and to the adaptive success of the family. Thus the present study aimed to describe the leaf anatomy in 42 of the 47 species of *Banisteriopsis* occurring in Brazil; calycine anatomically characterize the gland 38 and leaf species and histochemically identified the chemical nature of the substance secreted in *B. campestris*, *B.* and *B. laevifolia malifolia*. Petiole outline, presence and absence of accessory bundles in the petiole, forming the vascular system of the petiole, midrib shape, presence or absence of foliar glands, as well as how these structures: characters who assisted in the distinction of species as identified. The calycine foliar glands differ by presenting irregular secretory surface, covered by a thick cuticle that loosens the epidermis by the buildup of secretions. All other features are similar glands. Histochemical tests detected protein granules, polysaccharides and lipids in

the glands of the species analyzed, indicating secretion of mixed nature. The present study confirmed the utility of anatomical studies for taxonomy in species of *Banisteriopsis* data, indicating that this is a promising tool for the Malpighiaceae family as a whole.

INTRODUÇÃO GERAL

A família Malpighiaceae possui aproximadamente 65 gêneros e 1.300 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, sendo uma das mais ricas famílias no Novo Mundo, com aproximadamente 1.000 espécies (ANDERSON, 1990). Estudos sobre filogenia da família têm sido importantes para identificar as relações de parentesco com outras famílias da ordem Malpighiales, bem como para o estabelecimento das inter-relações genéricas.

Taxonomicamente, *Banisteriopsis* é considerado um dos gêneros mais complexos em Malpighiaceae devido ao elevado número de espécies (92), as quais exibem morfologia floral similar (GATES, 1982). Com isso, a identificação de espécies pertencentes ao referido gênero é tarefa muito difícil. Adicionalmente, não existe consenso quanto às relações infragenéricas, nem quanto aos gêneros irmãos. Por isso, é importante a realização de estudos que auxiliem as revisões taxonômicas na avaliação das relações entre os táxons de Malpighiaceae, assim como análises mais detalhadas dos caracteres morfológicos (CAMERON et al., 2001; DAVIS et al., 2001).

A carência de estudos sobre o gênero *Banisteriopsis* se deve, em grande parte, à dificuldade de identificação das espécies. Assim, levando em consideração que Malpighiaceae e *Banisteriopsis* são destacados entre os mais ricos em comunidades brasileiras, solucionar os problemas taxonômicos em Malpighiaceae é de suma importância.

Gates (1982), com base na análise de caracteres morfológicos externos, dividiu o gênero *Banisteriopsis* em três subgêneros: *Banisteriopsis*, *Hemiramma* (Griseb) B. Gates e *Pleiopterys* (Nied.) B. Gates. Posteriormente, Anderson e Davis (2006), combinando dados morfológicos e moleculares, detectaram que *Banisteriopsis* era polifilético e, nesta análise, para *Banisteriopsis* ser monofilético foi proposta a transferência do subgênero *Pleiopterys* para o gênero *Diplopterys* de Malpighiaceae. Cabe ressaltar que neste estudo foram avaliadas apenas *Diplopterys cabrerana* (Cuatrec.) B. Gates, a qual foi considerada como irmã de *B. hypericifolia* (A. Juss.) W. R. Anderson e B. Gates (espécie do subg. *Pleiopterys* sect. *Anisopterys*), sendo este par fortemente suportado como irmão de *B. lutea* (Griseb.) Cuatrec. [espécie do subg. *Pleiopterys* sect. *Sciurostylis* (Skotts.) B. Gates].

Em análise posterior, também incluindo dados moleculares aliados aos caracteres morfológicos externos, *Banisteriopsis* recebeu nova circunscrição (DAVIS; ANDERSON, 2010), sendo confirmado o que havia sido sugerido por Anderson e Davis (2006). Nesse novo arranjo, as espécies incluídas até então no subgênero *Pleiopterys* foram transferidas para o gênero *Diplopterys*, que passou a incluir espécies com sementes aladas (DAVIS; ANDERSON, 2010), e o subgênero *Banisteriopsis* foi elevado a gênero e denominado *Bronwenia*. O mesmo ocorreu com o subgênero *Hemiramma*, que compreende a maior parte das espécies de *Banisteriopsis* s.l., que foi elevado ao nível genérico e reteve o nome *Banisteriopsis*.

Os estudos realizados para resolver os problemas taxonômicos em *Banisteriopsis* (DAVIS, 2006; DAVIS; ANDERSON, 2010) combinaram dados moleculares e morfológicos externos, mas não foram considerados os caracteres anatômicos. Acredita-se que a anatomia possa identificar características úteis para a circunscrição de *Banisteriopsis*, bem como para a identificação das espécies com morfologia externa semelhante.

Um dos primeiros estudos utilizando a anatomia como ferramenta para auxiliar a taxonomia foram os de Solereder (1908) e Metcalfe e Chalk (1950), e a partir de então diversos trabalhos têm sido realizados com tal enfoque. Para a família Malpighiaceae, alguns resultados promissores têm sido obtidos (MAMEDE, 1993; MAKINO-WATANABE et al., 1993; ARAÚJO et al., 2010). Araújo et al. (2010) realizaram a caracterização morfoanatômica de 16 espécies pertencentes a três gêneros (*Banisteriopsis*, *Byrsonima* e *Heteropterys*). E a análise de similaridade com base nos dados anatômicos também demonstrou a proximidade entre os gêneros

Banisteriopsis e *Heteropterys*, bem como um distanciamento entre esses dois gêneros e *Byrsonima*. Tais resultados respaldam as abordagens filogenéticas moleculares e indicam caracteres anatômicos promissores para subsidiar os estudos de taxonomia e filogenia em Malpighiaceae.

A família Malpighiaceae é muito conhecida por possuir os mais diversos tipos de glândulas, as quais podem também variar quanto à localização, sendo observadas em folhas, estípulas, brácteas e cálice (BARROSO, 1991; ANDERSON, 1990). De forma geral, aproximadamente 90% das espécies de plantas do Novo Mundo e 52% do Velho Mundo possuem glândulas no cálice (VOGEL, 1990). Nas espécies neotropicais, essas glândulas secretam óleos, sendo denominadas elaióforos; já nas espécies paleotropicais, elas produzem néctar, funcionando como nectários (VOGEL, 1990; ANDERSON, 1990). Existe relação entre a presença de elaióforos e polinização por abelhas coletoras de óleo e nectários com abelhas coletoras de pólen (VOGEL, 1990). Com base nesses dados, foram formuladas duas hipóteses sobre a origem das Malpighiaceae. Na hipótese americana (ANDERSON, 1990), a família possui origem neotropical, os elaióforos são uma apomorfia para Malpighiaceae e as espécies do Velho Mundo teriam surgido da dispersão dos frutos de um ancestral americano quando houve a separação dos continentes. Como no Velho Mundo não existem abelhas coletoras de óleo, as espécies perderam os elaióforos. A distribuição exclusivamente no Novo Mundo da subfamília Byrsonimoideae, a qual apresenta caracteres ancestrais, apoia essa hipótese. Contrapondo essa ideia, a hipótese gondwana (VOGEL, 1990) propõe a existência de um ancestral comum entre as espécies do Velho e do Novo Mundo e que neste as flores não possuíam nectários, sendo a única recompensa para o polinizador o pólen. Os elaióforos teriam evoluído nas espécies do Novo Mundo a partir dos nectários extraflorais. Atualmente, a hipótese mais aceita é a americana, mas este assunto ainda é motivo de muitas discussões.

A maioria das espécies de *Banisteriopsis* Rob. possui glândulas foliares e calicinais, tendo sido anatomicamente caracterizadas para algumas espécies (VOGEL, 1990; TEIXEIRA; MACHADO, 2000; CARVALHO et al., 2005). Esse é um dos maiores gêneros de Malpighiaceae e foi descrito por Adrien de Jussie em 1832 (ANDERSON; GATES, 1975). Tem distribuição ampla, desde a América do Norte até o Sul da América do Sul, embora seja mais diverso nos trópicos do Novo

Mundo. Apresenta grande representatividade em quase todos os Estados brasileiros, abrangendo diferentes tipos de vegetação (GATES, 1982).

O objetivo deste trabalho foi proceder à caracterização anatômica de espécies do gênero *Banisteriopsis* ocorrentes no Brasil, com o intuito de comparar com os dados obtidos através de análises de caracteres morfológicos externos (GATES, 1982) e a combinação destes com moleculares (DAVIS; ANDERSON, 2010). E ainda descrever e analisar, comparativamente, as glândulas foliares e calicinais de 26 espécies de *Banisteriopsis*.

ORGANIZAÇÃO DA TESE

Este estudo encontra-se organizado sob a forma de artigos científicos, como disposto nas normas de redação de teses da Universidade Federal de Viçosa. Cada artigo segue as normas da revista a que será submetido.

Artigo 1: Anatomia como subsídio para a taxonomia em espécies de *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Malpighiaceae). Encontra-se nas normas da revista International Journal of Plant Sciences.

Artigo 2: Anatomia comparada das glândulas calicinais e foliares de *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Malpighiaceae). Encontra-se nas normas da revista Botany.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-JR., E. B.; ARAÚJO, J. S.; SANTOS-FILHO, F. S.; ZICKEL, C. S. 2013. Leaf morphology and anatomy of *Manilkara* Adans. (Sapotaceae) from Northeastern Brazil. **Plant Systematic and Evolution**, **299**: 1-9.
- ANDERSON, W. R. 1990. The origin of the Malpighiaceae – The evidence from morphology. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, **64**: 210-224.
- ANDERSON, W. R.; DAVIS, C. C. 2006. Expansion of *Diplopterys* at the expense of *Banisteriopsis* (Malpighiaceae). **Harvard Papers in Botany**, **11**: 1-16.
- ANDERSON, W. R.; GATES, B. 1975. Notes on *Banisteriopsis* from South Central Brazil. **Contributions from the University of Michigan Herbarium**, **11**: 51-55.
- ARAÚJO, J. S.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, L. C.; MEIRA, R. M. S. A. 2010. Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 16 species of Malpighiaceae found in the Cerrado area (Brazil). **Plant Systematic and Evolution**, **286**: 117-131.
- BARROSO, G. M. 1991. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Vol. 2. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária.
- CAMERON, K. M.; CHASE, M. W.; ANDERSON, W. R. 2001. Molecular systematics of Malpighiaceae: evidence from plastid *rbcL* e *matK* sequences. **American Journal of Botany**, **88**: 1847-1862.
- CARVALHO, P. D.; BORBA, E. L.; LUCHESE, A. M. 2005. Variação no número de glândulas e produção de óleo em flores de *Stigmaphyllon paralias* A. Juss. (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, **19**: 209-214.
- CAVENDER-BARES, J.; KOZAK, K. H.; FINE, P. V. A.; KEMBEL, S. W. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. **Ecology Letters**, **12**: 693-715.

CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, J. A.; BATALHA, M. A. 2009. Phylogenetic and functional diversitie: new approaches to community ecology. **Biota Neotropica**, **9**: 93-103.

DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R.; DONOGHUE, M. J. 2001. Phylogeny of Malpighiaceae: evidence from chloroplast *ndhF* e *trnl-F* nucleotide sequences. **American Journal of Botany**, **88**: 1830-1846.

DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. 2010. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. **American Journal of Botany**, **97**: 2031-2048.

GATES, B. 1982. *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). **Flora Neotropica**, **30**: 1-237.

MAKINO-WATANABE, H.; MELHEM, T.; BARTH, O. M. 1993. Morfologia dos grãos de pólen de espécies de *Banisteriopsis* C. B. Robinson ex Small (Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, **16**: 47-67.

MAMEDE, M. C. H. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Camarea* (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, **7**: 3-19.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. 1950. **Anatomy of the dicotyledons**. Vol. 2. Oxford: Oxford Claredon Press.

NIEDENZU, F. 1928. Malpighiaceae. **Das Pflanzenreich IV** (A. Engler), **141**: 1-870.

SOLEREDER, H. 1908. **Systematic anatomy of the dicotyledons**. Vol. 1. Oxford: Claredon Press.

TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* dc (Malpighiaceae). **Acta botanica brasilica**, **14**: 347-357.

VOGEL, S. 1990. **The role of scent glands in pollination**. On the structure and function of osmophores. Nova Delhi, India: Model Press Ltd.

ARTIGO 1

ANATOMIA COMO SUBSÍDIO PARA A TAXONOMIA EM ESPÉCIES DE *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Malpighiaceae)

Este artigo será submetido à revista **International Journal of Plant Science**, Qualis A2 na Câmara de Biodiversidade, Frequency: 9 issues/year; ISSN: 1058-5893; E-ISSN: 1537-5315; Impact factor: 1,99; Editors: Patrick Herendeen (Editor-in-Chief); John L. Bowman; Christina Caruso; Peter R. Crane; William E. Friedman; Larry Hufford; Elena M. Kramer; Lynda F. Delph; Pamela K. Diggle; Michele R. Dudash; Erika Edwards; Linda E. Graham; Mitsuyasu Hasebe; Elizabeth A. Kellogg; Andrew H. Knoll; Susan J. Mazer; Adrienne Nicotra; Richard Ree; Pamela Soltis; Ruth Stockey. About the journal: Since 1875, the International Journal of Plant Sciences has presented high-quality, original, peer-reviewed research from laboratories around the world in all areas of plant sciences. Topics covered range from genetics and genomics, developmental and cell biology, biochemistry and physiology, to morphology and anatomy, systematics, evolution, paleobotany, plant-microbe interactions, and ecology. IJPS welcomes contributions that present evaluations and new perspectives on areas of current interest in plant biology.

RESUMO

Premissa da pesquisa. Devido ao elevado número de espécies que ocorrem no Brasil e à complexidade taxonômica do gênero *Banisteriopsis*, este trabalho buscou descrever a anatomia foliar de 42 das 47 espécies descritas no Brasil, com o intuito de identificar caracteres que possam auxiliar na distinção de espécies, bem como aqueles que possam contribuir para a circunscrição do gênero *Banisteriopsis*. Os resultados indicam caracteres anatômicos que podem auxiliar a resolução dos problemas taxonômicos em *Banisteriopsis*. *Metodologia.* Folhas totalmente expandidas e em bom estado de conservação foram retiradas de exsicatas e submetidas ao processo de reversão de herborização, seccionadas à mão livre, clarificadas e coradas, sendo lâminas semipermanentes montadas e parte do material submetida à técnica de diafanização, segundo metodologias usuais. As espécies foram comparadas entre si, por meio do algoritmo de ligação média não ponderada entre grupos (UPGMA), expresso em dendrogramas. *Resultados.* Foram identificados caracteres úteis para auxiliar na distinção de espécies, como: contorno do pecíolo, presença e ausência de feixes acessórios no pecíolo, conformação do sistema vascular do pecíolo, forma da nervura principal, presença e ausência de extensão de bainha, tipo de mesófilo e presença e ausência de glândulas foliares, bem como a forma dessas estruturas. *Conclusões.* O estudo comprovou a utilidade de dados anatômicos para os estudos de taxonomia e filogenia em espécies de *Banisteriopsis*, indicando que essa é uma ferramenta promissora para a família Malpighiaceae como um todo.

Palavras-chave: Glândulas foliares, anatomia aplicada à taxonomia e análise multivariada.

INTRODUÇÃO

As espécies de *Banisteriopsis* são árvores, arbustos ou lianas e possuem inflorescência do tipo cimo ou dicásio, em umbela com quatro flores de corola branca, rósea ou amarela, geralmente com glândulas calicinais (GATES, 1982). Possui 58 espécies de distribuição restrita ao Novo Mundo e com maior diversidade nos trópicos. No Brasil, foram citadas 47 espécies, que ocorrem nos mais diversos domínios fitogeográficos, como Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (GATES, 1982; ANDERSON; DAVIS, 2006; DAVIS; ANDERSON, 2010).

Taxonomicamente, *Banisteriopsis* é considerado um dos gêneros mais complexos em Malpighiaceae devido ao elevado número de espécies (92), as quais exibem morfologia floral similar (GATES, 1982). Diversos estudos vêm buscando um arranjo mais natural para o grupo, conforme resumido na Tabela 1.

Banisteriopsis foi descrito por Niedenzu (1928), que organizou as espécies em três subgêneros: *Hemiramma*, *Eubanisteria* e *Pleiopterys*, com *Hemiramma* subdividido em três seções: *Pseudobyronima*, *Monoctenia* e *Leiococca* (Tabela 1). Posteriormente, Gates (1982) revisou o gênero e determinou a exclusão da seção *Pseudobyronima*; elevou a seção *Monoctenia* à categoria de subgênero, denominando-o *Banisteriopsis*. O subgênero *Hemiramma* passou a abrigar as espécies do subgênero *Eubanisteriae* da seção *Leiococca*. Enquanto as espécies do subgênero *Pleiopterys* foram mantidas e houve a divisão desse subgênero em duas seções: *Sciurostylis* e *Anisopterys* (Tabela 1).

Em 2010, a partir da classificação de Gates (1982) para *Banisteriopsis*, Davis e Anderson realizaram um estudo filogenético combinando dados moleculares e morfológicos, em que o subgênero *Banisteriopsis* foi elevado à categoria de gênero, passando a chamar-se *Bronwenia*. O subgênero *Hemiramma* também passou ao nível genérico e reteve o nome *Banisteriopsis*, enquanto as espécies de *Pleiopterys* foram transferidas para o gênero *Diplopterys* (Tabela 1). Com isso, *Banisteriopsis* passou a compreender apenas as espécies que estavam reunidas anteriormente no subgênero *Hemiramma* de Gates (1982) e foi apontado como grupo irmão de *Sphedamnocarpus* e *Philgamia* (DAVIS; ANDERSON, 2010).

Devido à complexidade taxonômica, o reconhecimento e identificação das espécies de *Banisteriopsis* são feitos utilizando caracteres da morfologia externa,

como: comprimento do pecíolo, de brácteas ou bractéolas, da lamina foliar, da ala do fruto, entre outros (GATES, 1982). Como são parâmetros quantitativos, a identificação das espécies pertencentes a *Banisteriopsis* torna-se tarefa difícil e, muitas vezes, duvidosa. No entanto, a identificação das espécies por caracteres moleculares é uma trabalho que depende de maior disponibilidade de tempo e de recursos financeiros.

A anatomia aplicada à taxonomia tem sido utilizada desde 1908 com os trabalhos de Solereder, e sua importância foi reforçada com a publicação da compilação de dados realizada por Metcalfe e Chalk (1950, 1979), em que foi enfatizada a possibilidade de identificação de material fragmentar e o reconhecimento de táxon com material estéril, além de ser alternativa para indicar tendências evolutivas e relações filogenéticas entre os táxons. Para a família Malpighiaceae, resultados promissores com esse tipo de abordagem foram obtidos para os órgãos vegetativos de espécies de *Camarea* (MAMEDE, 1993), características dos grãos de pólen de *Banisteriopsis* (MAKINO-WATANABE et al., 1993) e morfoanatomia foliar de espécies pertencentes a *Banisteriopsis*, *Byrsonima* e *Heteropterys* (ARAÚJO et al., 2010).

Diante da diversidade de espécies brasileiras e da complexidade taxonômica apresentada pelo gênero *Banisteriopsis*, este trabalho teve como objetivo descrever a anatomia foliar de 42 espécies ocorrentes no Brasil, para identificar caracteres que possam auxiliar na distinção de espécies. Adicionalmente, pretende-se responder aos seguintes questionamentos: Os dados anatômicos confirmam as análises de Gates (1982)? Os caracteres anatômicos corroboram a filogenia publicada por Davis e Anderson (2010)?

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas folhas das 42 espécies (43 táxons) de *Banisteriopsis* ocorrentes no Brasil (Tabela 2). Adicionalmente, foram selecionadas espécies pertencentes a gêneros basais e gêneros proximamente relacionados a *Banisteriopsis* (Tabela 2), tomando como base a filogenia publicada por Davis e Anderson (2010).

O material foi obtido em diferentes herbários brasileiros, utilizando-se sempre o mínimo de três indivíduos por espécie como repetições, exceto em casos em que não foi possível obter esse número de amostras devido à raridade dos espécimes.

Folhas totalmente expandidas e em bom estado de conservação foram retiradas das exsicatas e submetidas ao processo de reversão de herborização, segundo a metodologia de Smith e Smith (1942), que consiste em ferver o material em água destilada até submergir (em média, 5 min), nunca ultrapassando 15 min de fervura. Assim que as folhas atingiram a temperatura ambiente, foram mergulhadas em solução de KOH 2%, para completar a distensão (em média, 2 h). Depois de lavadas, as folhas foram desidratadas em série etílica e estocadas em etanol 70%.

O material foi seccionado à mão livre, com o auxílio de lâmina de barbear, para obtenção de cortes transversais e longitudinais da lâmina foliar (compreendendo base, meio, margem e ápice) e do pecíolo. A região utilizada para as descrições foi a mediana, por não haver diferenças significativas entre ela e as outras áreas seccionadas. Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio 20% e corados com fucsina básica e azul de Astra, montados em gelatina glicerizada e lutados com esmalte incolor (KRAUS; ARDUIN, 1997).

Parte das amostras foi submetida ao processo de diafanização, segundo a técnica de Foster 1950 (modificado). Amostras de aproximadamente 20 mm² foram mantidas em uma solução de hidróxido de sódio por 2 h, lavadas com água destilada várias vezes e, em seguida, colocadas em hipoclorito de sódio 20% por 18 h ou até que estivessem transparentes. Depois de muito bem lavadas, as amostras foram desidratadas em série etílica até etanol 50% e coradas com fucsina alcoólica (solução de 99% de etanol 50% e 1% de fucsina alcoólica) durante a noite, sendo as lâminas montadas em gelatina glicerizada e lutadas com esmalte incolor.

A conformação do feixe vascular e o padrão de venação foram classificados conforme proposto por Howard (1979) e Ellis et al. (2009), respectivamente. Os tipos de tricomas foram classificados segundo Theobald et al. (1979). Para obtenção dos dados de morfologia externa utilizados na elaboração da matriz de presença e ausência, bem como para a construção da chave dicotômica, utilizou-se Gates (1982).

A análise e documentação fotográfica foram realizadas em fotomicroscópio (Olympus AX70TRF, Olympus Optical, Tokyo, Japão) com sistema U-Photo e câmera digital (AxioCam HRc; Zeiss, Göttingen, Germany) e recurso de

epifluorescência (HBO 50-W) com lâmpada de mercúrio e filtro de excitação BP 340-380, espelho dicróico 459 e filtro LP-430 (Ushio-USH 102D, Japan).

Para a construção da chave de identificação das espécies, foi montada uma matriz de presença e ausência (Tabela 3) com todas as espécies analisadas. A partir desses dados, elaborou-se uma segunda matriz com as 18 espécies que constavam no estudo filogenético publicado por Davis e Anderson (2010). E as espécies foram comparadas entre si por meio de características foliares e florais, em que a matriz de presença e ausência foi convertida em matriz simétrica de similaridade de Sörensen. A partir dessa matriz de similaridade, que incluiu as 18 espécies do estudo filogenético (DAVIS; ANDERSON, 2010), foi processado o algoritmo de ligação média não ponderada entre grupos (UPGMA) expresso em dendrogramas, sendo as análises realizadas no Programa NTSYS-pc 2.2 (ROHLF, 2000; SOKAL; ROHLF, 1995). Os dados foram comparados com a parte da árvore filogenética de Davis e Anderson (2010) correspondente ao gênero *Banisteriopsis*.

RESULTADOS

O contorno do pecíolo em secção transversal exibiu variação. Na maioria das espécies (29), o contorno é do tipo plano-convexo (Figura 1A, 1F). Em *B. acerosa* e *B. scutellata*, o contorno é circular (Figura 1B, 1E) e em *B. adenopoda*, *B. goiana*, *B. megaphylla*, *B. membranifolia*, *B. muricata*, *B. nummifera*, *B. oxyclada*, *B. prancei*, *B. paraguariensis*, *B. parviflora* e *B. quadriglandula*, côncavo-convexo (Figura 1C, 1D).

Foram identificados dois tipos de configuração do sistema vascular do pecíolo. O tipo arco aberto com extremidades convolutas, que ocorreu em *B. gardneriana* e *B. martiniana* (Figura 1A). Nas outras espécies, foi observado o tipo arco aberto (Figura 1B-1F). A presença de feixes acessórios (Figura 1A, 1C-1F) foi observada na maioria das espécies analisadas, exceto em *B. acerosa* (Figura 1B) e *B. stellaris*. A quantidade de feixes acessórios em alguns casos variou em uma mesma espécie.

A presença de bainha esclerenquimática circundando o feixe vascular do pecíolo foi comum em *B. anisandra*, *B. campestris*, *B. hatschbachii*, *B. irwinii*, *B. latifolia*, *B. megaphylla* (Figura 1C), *B. pulchra* e *B. schizoptera*. Esclereides dispersos no pecíolo foram observados em *B. arborea*, *B. cipoensis*, *B. confusa*, *B. gardneriana*, *B. goiana*, *B. hirsuta*, *B. muricata*, *B. sellowiana*, *B. malifolia* var. *apressa* e *B. malifolia* var. *malifolia*; nas outras espécies, tais estruturas estavam ausentes (Figura 1A, 1B, 1D-1F).

A nervura mediana da lâmina foliar tinha contorno convexo na face abaxial de todas as espécies analisadas (Figura 2A, 2C). Com relação à face adaxial, a maioria das espécies mostrou-se convexa, assim como na face abaxial (Figura 2A), mas em alguns casos observou-se que a nervura era plana como em *B. anisandra* (Figura 2B), *B. calcicola*, *B. gardneriana*, *B. irwinii*, *B. paraguariensis*, *B. prancei*, *B. quadriglandula*, *B. sellowiana* ou, ainda, côncava, como em *B. andersonii*, *B. angustifolia*, *B. arborea*, *B. martiniana* var. *martiniana* (Figura 2C) e *B. muricata*.

Epiderme uniestratificada (Figura 2D, 2F) na face abaxial não foi observada em *B. martiniana* (Figura 2E), tendo sido observadas na referida espécie duas camadas e, em algumas regiões, muitas camadas de células não clorofiladas abaixo da epiderme. A maioria das espécies também apresentou epiderme adaxial uniestratificada (Figura 2D), como em *B. acerosa*, *B. angustifolia*, *B. anisandra*, *B. basifixa*, *B. cipoensis*, *B. gardneriana*, *B. harleyi*, *B. laevifolia*, *B. martiniana*, *B. martiniana*, *B. nummifera*, *B. parviflora*, *B. schizoptera*, *B. scutellata*, *B. sellowiana* e *B. stellaris*. Foi observada biestratificação (Figura 2E, 2F) em algumas regiões e, às vezes, muitas camadas de células não clorofiladas abaixo da epiderme, como no caso das variedades de *B. martiniana* (Figura 2E).

O mesofilo é isobilateral (Figura 2D, 2F) na maioria das espécies, exceto em *B. adenopoda*, *B. anisandra*, *B. argyrophylla*, *B. calcicola*, *B. gardneriana*, *B. parviflora* e *B. sellowiana* e nas variedades de *B. martiniana*, *B. megaphylla*, *B. multifoliolata* e *B. nummifera*, nas quais o mesofilo era dorsiventral (Figura 2E). Com relação ao tipo de feixe, todas as espécies apresentaram feixes colaterais (Figura 2A-2C).

Estômatos paracíticos foram observados em todas as espécies. Tais estruturas apresentaram células subsidiárias grandes, que recobrem as células guardas, e cristas estomáticas ausentes (Figura 3A), exceto nas variedades de *B.*

martiniana, em que se observou a presença de cristas estomáticas (Figura 3B) bem desenvolvidas e que as células subsidiárias não recobriam as guardas.

A presença de tricomas foi verificada na maioria das espécies (sempre do tipo malpighiáceo), mas não foi possível distinguir os tipos T, Y ou V devido à não manutenção dessas estruturas nas amostras submetidas às técnicas de herborização para preparação das exsicatas. Em *Banisteriopsis acerosa* e *B. caapi* foram visualizadas cicatrizes de tricomas, que parecem ser caducos. Já em *B. hatschbachii*, *B. latifolia*, *B. parviflora*, *B. sellowiana* e *B. stellaris* e nas variedades de *B. martiniana* as folhas eram glabras.

A extensão de bainha (Figura 3C) parenquimática ou esclerenquimática foi observada na maioria das espécies, exceto em *Banisteriopsis anisandra*, *B. argyrophylla*, *B. byssacea*, *B. caapi*, *B. gardneriana*, *B. harleyi*, *B. hatschbachii* e *B. laevifolia* e nas duas variedades de *B. martiniana*, *B. membranifolia*, *B. nummifera*, *B. paraguariensis*, *B. parviflora*, *B. pulchra*, *B. quadriglandula*, *B. scutellata*, *B. sellowiana*, *B. stellaris* e *B. vernoniifolia*. A presença de cristais prismáticos (Figura 3D) foi comum na maioria das espécies analisadas.

A análise da venação revelou que todas as espécies possuem venação primária do tipo pinada; ausência de veias basais; e veias secundárias que se ramificam, formam “loops” e não atingem a margem. A variação do ângulo entre a nervura principal e a secundária mostrou-se uniforme, o desenvolvimento da nervura secundária em relação à principal é do tipo decorrente e a última venação marginal, do tipo “looped”. A presença de veias quaternárias foi observada na maioria das espécies (Figura 3E, 3F) e a ausência de veias quaternárias, detectada em *B. acerosa*, *B. angustifolia*, *B. anisandra*, *B. arborea*, *B. argyrophylla*, *B. byssacea*, *B. calcicola*, *B. goiana*, *B. harleyi*, *B. muricata*, *B. oxyclada*, *B. paraguariensis*, *B. quadriglandula* e *B. vernoniifolia*. Verificaram-se veias quaternárias apenas em *B. adenopoda* (Figura 3E) e *B. caapi*. Areolas foram vistas em *B. argyrophylla* e *B. byssacea*. As vênulas terminavam livremente na maioria das espécies, exceto em *B. argyrophylla*, *B. byssaceae* e *B. goiana*, em que essa característica estava ausente.

As glândulas foliares estavam ausentes apenas em *B. quadriglandula*. Nas outras 41 espécies, detectaram-se três padrões morfológicos: glândulas arredondadas, côncavas e pedunculadas (Figura 4A), em *B. adenopoda*, *B. arborea*, *B. argyrophylla*, *B. basifixa*, *B. calcicolae* e *B. scutellata*. Em outras 21 espécies, verificaram-se glândulas arredondadas, sem concavidade e sésseis (Figura 4B).

Enquanto em *B. campestris*, *B. confusa*, *B. harleyi*, *B. martiniana*, *B. membranifolia*, *B. muricata*, *B. oxyclada*, *B. paraguariensis*, *B. parviflora*, *B. pulchra*, *B. schizoptera*, *B. sellowiana*, *B. stellaris* e *B. variabilis*, as glândulas são arredondadas, com concavidade e sésseis (Figura 4C).

Com base nos caracteres morfoanatômicos descritos, foi possível elaborar uma chave dicotômica para identificação das espécies de *Banisteriopsis* estudadas.

Chave de Identificação

1. Pétalas amarelas em flores em antese	2
1'. Pétalas brancas ou róseas em flores em antese.....	9
2. Epiderme uniestratificada	<i>B. parviglandula</i>
2'. Epiderme biestratificada em algumas regiões	3
3. Células-guardas com cristas.....	<i>B. martiniana</i>
3'. Células subsidiárias projetadas sobre as células-guardas	4
4. Glândulas foliares com forma arredondada e com haste	<i>B. basifixa</i>
4'. Glândulas foliares com forma arredondada e sésil	5
5. Glândulas foliares com concavidade	6
5'. Glândulas foliares sem concavidade.....	7
6. Pecíolo em secção transversal côncavo-convexo.....	<i>B. parviflora</i>
6'. Pecíolo em secção transversal plano-convexo.....	<i>B. sellowiana</i>
7. Mesofilo isobilateral	<i>B. laevifolia</i>
7'. Mesofilo dorsiventral	8
8. Sistema vascular do pecíolo em arco aberto com extremidades convolutas	<i>B. gardneriana</i>
8'. Sistema vascular do pecíolo em arco aberto sem extremidades convolutas	8
9. Nervura mediana plana na face adaxial	<i>B. anisandra</i>
9'. Nervura mediana convexa na face adaxial	<i>B. nummifera</i>
10. Pétalas brancas em flores em antese.....	11
10'. Pétalas róseas em flores em antese.....	25
11. Epiderme biestratificada em algumas regiões	12
11'. Epiderme uniestratificada	16
12. Glândulas foliares arredondadas e pedunculadas.....	<i>B. scutellata</i>
12'. Glândulas foliares arredondadas e sésseis.....	13
13. Glândulas com concavidade	14
13'. Glândulas sem concavidade	<i>B. acerosa</i>
14. Presença de feixes acessórios	15
14'. Ausência de feixes acessórios	<i>B. stellaris</i>
15. Presença de bainha de esclereides em volta do feixe vascular do pecíolo	<i>B. schizoptera</i>

15'. Ausência de bainha de esclereides em volta do feixe vascular do pecíolo.....	<i>B. harleyi</i>
16. Contorno do pecíolo côncavo-convexo	17
16'. Contorno do pecíolo plano-convexo	18
17. Presença de extensão de bainha no mesofilo	<i>B. adenopoda</i>
17'. Ausência de extensão de bainha no mesofilo	<i>B. paraguariensis</i>
18. Mesofilo dorsiventral	<i>B. argyrophylla</i>
18'. Mesofilo isobilateral	19
19. Contorno da nervura principal plano na face adaxial	<i>B. irwinii</i>
19'. Contorno da nervura principal convexa na face adaxial	20
20. Glândulas foliares arredondadas com concavidade e sésseis	<i>B. confusa, B. variabilis</i>
20'. Glândulas foliares arredondadas sem concavidade e sésseis	21
21. Presença de extensão de bainha	22
21'. Ausência de extensão de bainha	23
22. Presença de bainha de esclereides em volta do feixe vascular do pecíolo	<i>B. latifolia</i>
22'. Ausência de bainha de esclereides em volta do feixe vascular do pecíolo	<i>B. hirsuta</i>
23. Presença de esclereides ao longo do mesofilo	<i>B. vernoniifolia</i>
23'. Ausência de esclereides ao longo do mesofilo.....	24
24. Presença de bainha de esclereides em volta do feixe vascular do pecíolo	<i>B. hatschabachii</i>
24'. Ausência de bainha de esclereides em volta do feixe vascular do pecíolo.....	<i>B. byssacea</i>
24. Epiderme uniestratificada	25
24'. Epiderme biestratificada em algumas regiões	24
25. Nervura mediana côncava na face adaxial	<i>B. angustifolia</i>
25'. Nervura mediana convexa na face adaxial	<i>B. cipoensis</i>
26. Glândulas foliares presentes.....	26
26'. Glândulas foliares ausentes	<i>B. quadriglandula</i>
27. Glândulas foliares com forma arredondada e com haste	28
27'. Glândulas foliares com forma arredondada e séssil	29
28. Mesofilo dorsiventral	<i>B. calcicola</i>
28'. Mesofilo isobilateral	<i>B. arborea</i>
29. Glândulas com concavidade.....	30
29'. Glândulas sem concavidade	34
30. Contorno do pecíolo plano-convexo	31
30'. Contorno do pecíolo côncavo-convexo	32
31. Presença de extensão de bainha	<i>B. campestris</i>
31'. Ausência de extensão de bainha	<i>B. pulchra</i>
32. Nervura mediana côncava na face adaxial	<i>B. muricata</i>
32'. Nervura mediana convexa na face adaxial.....	32
33. Presença de extensão de bainha no mesofilo	<i>B. oxyclada</i>

33'. Ausência de extensão e bainha no mesofilo	<i>B. membranifolia</i>
34. Pecíolo em secção transversal côncavo-convexo.....	35
34. Pecíolo em secção transversal plano-convexo.....	37
35. Nervura mediana plana na face adaxial.....	<i>B. prancei</i>
35'. Nervura mediana convexa na face adaxial	36
36. Mesofilo dorsiventral	<i>B. megaphylla</i>
36'. Mesofilo isobilateral	<i>B. goiana</i>
37. Nervura mediana côncava na face adaxial	<i>B. andersonii</i>
37'. Nervura mediana convessa na face adaxial	38
38. Presença de extensão de bainha	39
38'. Ausência de extensão de bainha	<i>B. caapi</i>
39. Mesofilo dorsiventral	<i>B. multifoliolata</i>
39'. Mesofilo isobilateral	<i>B. malifolia</i> var. <i>malifolia</i> , <i>B. malifolia</i> var. <i>apressa</i>

Para realizar a análise multivariada, foram observadas as características foliares de *Diplopterys lutea*, *D. valvata*, *Stigmaphyllon cavernulosum* e *Peixotoa tomentosa*, que compuseram o grupo externo (Tabelas 1 e 2; Figura 5). Essas espécies possuem pétalas amarelas, epiderme uniestratificada, presença de feixes acessórios no pecíolo, nervura mediana côncava na face adaxial e curso da secundária simples broquidódromo. As glândulas foliares arredondadas e sésseis estavam presentes em *D. lutea* (com concavidade), *D. valvata* e *P. tomentosa* (sem concavidade) e ausentes em *S. cavernulosum*. O mesofilo é isobilateral somente em *P. tomentosa* e dorsiventral nas demais espécies desse grupo. Extensão de bainha foi observada apenas em *P. tomentosa*. *S. cavernulosum* apresentou pecíolo côncavo-convexo e nas demais espécies, plano-convexo. Em *D. valvata* e *S. cavernulosum*, o sistema vascular do pecíolo é do tipo arco aberto com extremidades convolutas, enquanto em *D. lutea* e *P. tomentosa*, do tipo arco aberto. Bainha de esclereides em volta do feixe do pecíolo foi observada em todas as espécies, exceto em *S. cavernulosum*. Areolas foram notadas apenas em *D. lutea* e *D. valvata*.

Pela análise de similaridade utilizando UPGMA (Figura 5), organizaram-se as espécies em quatro grupos, além do grupo externo. O primeiro é formado por *B. nummifera*, *B. laevifolia*, *B. sellowiana*, *B. martiniana* e *B. gardneriana*, que compartilham a presença de pétalas amarelas e de veias quaternárias; o segundo, unido pela presença de mesofilo dorsiventral, epiderme uniestratificada em ambas as faces e glândulas arredondadas com concavidade e pedunculadas, contendo *B. adenopoda*, *B. argyrophylla* e *B. calcícola*; o terceiro, composto por *B.*

paraguariensis, *B. prancei*, *B. muricata*, *B. harleyi*, *B. confusa*, *B. latifolia*, *B. caapi* e *B. pulchra*, que não possuem caracteres exclusivos, mas compartilham características como presença de feixes acessórios, mesofilo isobilateral e sistema vascular do pecíolo em arco aberto; e o quarto grupo, que possui extensão de bainha e glândulas foliares arredondadas sem concavidade e sésseis, formado por *B. acerosa* e *B. angustifolia*.

A partir da árvore filogenética de Davis e Anderson (2010) correspondente ao gênero *Banisteriopsis* (Figura 6), foi feita uma comparação com a análise de similaridade, observando-se que, em parte, os dados morfoanatômicos obtidos condizem com os dados moleculares.

DISCUSSÃO

Foram observados três padrões de contorno do pecíolo nas 42 espécies de *Banisteriopsis* analisadas. Essa diferença foi considerada relevante para a distinção das espécies, confirmando que o contorno do pecíolo é característica útil para auxiliar na distinção de espécies de Malpighiaceae. Os caracteres anatômicos do pecíolo são considerados úteis para diferenciação de táxons, por serem estáveis e não variarem em resposta às variações ambientais (METCALFE; CHALK, 1979). A variação no contorno do pecíolo tem sido empregada com êxito em estudos de anatomia aplicada à taxonomia em diversas famílias botânicas (RIO et al., 2005; COSTA et al., 2010; MORAES et al., 2011; OGUNDARE; SAHEED, 2012; ALMEIDA JR. et al., 2013; COUTINHO et al., 2013). Em Malpighiaceae, foram relatados, por Araújo et al. (2010), dois tipos de contorno: o côncavo-convexo e o -convexo para os gêneros *Banisteriopsis*, *Byrsonima* e *Heteropterys*, ambos ocorrendo em espécies de *Banisteriopsis*. Os resultados deste trabalho confirmam os resultados dos referidos autores, mas, além dos contornos mencionados, observou-se o contorno circular que não havia sido descrito anteriormente para o gênero. Tal caractere auxiliou na distinção das espécies e foi útil para reconhecer grupos em *Banisteriopsis*.

O sistema vascular do pecíolo apresentou dois tipos de configuração nas espécies estudadas. Os dados deste trabalho demonstram que a configuração do feixe vascular do pecíolo é relevante para reunir grupos de espécies de *Banisteriopsis*, bem como distingui-las, confirmando as observações em Malpighiaceae de Metcalfe e Chalk (1950) e Araújo et al. (2010). As características relacionadas ao padrão de vascularização do pecíolo têm sido utilizadas com fins taxonômicos em diferentes níveis hierárquicos, como em Melastomataceae (REIS et al., 2004); *Campomanesia* - Malvaceae (OLIVEIRA et al., 2011); *Psychotria* - Rubiaceae (MORAES et al., 2011); Sapotaceae (ALMEIDA JR. et al., 2013); e *Chamaecrista* - Leguminosae, Caesalpinoideae (FRANCINO, 2006; COUTINHO et al., 2013).

A presença de feixes acessórios foi comum em 40 das 42 espécies de *Banisteriopsis* avaliadas. O número de feixes acessórios variou consideravelmente, inclusive entre indivíduos de uma mesma espécie. Embora a presença e ausência de feixes acessórios sejam consideradas características importantes para auxiliar na distinção de espécies pertencentes a diferentes gêneros de Malpighiaceae (ARAÚJO et al., 2010) ou espécies de um mesmo gênero pertencente a outras famílias botânicas (BIERAS; SAJO, 2004; MORAES et al., 2011; COUTINHO et al., 2013; ALMEIDA JR. et al., 2013), neste estudo tal caractere não se mostrou estável e útil taxonomicamente.

Das 42 espécies analisadas, apenas seis não apresentaram tricomas. Esse resultado era esperado, uma vez que tricomas malpighiáceos são característicos de Malpighiaceae (METCALFE; CHALK, 1950; BARROSO et al., 1991; JUDD et al., 2007), já havendo registros para *Banisteriopsis* (GATES, 1982; ARAÚJO et al., 2010).

Epiderme biestratificada foi encontrada em 15 das 42 espécies analisadas, o que indica que tal característica é comum nesse gênero. Biestratificação na epiderme foi mencionada por Metcalfe e Chalk (1950) em espécies de *Acridocarpus*, *Banisteriopsis*, *Blepharandra*, *Hiraea* e *Tetrapteris* e por Araújo et al. (2010) em *Banisteriopsis*, *Byrsonima* e *Heteropterys*. Apesar de esse dado possuir aplicação limitada em um contexto filogenético, já foi utilizada para diferenciar espécies, como no caso de *Manilkara* da família Sapotaceae (ALMEIDA JR. et al., 2013).

Estômatos com células subsidiárias maiores do que as guardas e ausência de cristas estomáticas ocorreu em 41 das 42 espécies. Esses dados foram considerados úteis para distinção de espécies. Beiguelman (1962) e Araújo et al. (2010)

descreveram a presença de cristas estomáticas em *Byrsonima*, relatando estes últimos autores a presença de células subsidiárias em *Banisteriopsis* maiores do que as guardas.

Foi constatado o predomínio do mesofilo isobilateral em relação ao dorsiventral, evidenciado em 30 das 42 espécies analisadas. A ocorrência de mesofilo dorsiventral ou isobilateral já foi relatada para *Banisteriopsis* e para outros gêneros de Malpighiaceae sem, contudo, ter sido estabelecida uma relação como característica genérica (METCALFE; CHALK, 1950; PEREIRA, 1953; ARAÚJO et al., 2010). O tipo de mesofilo tem sido utilizado em diversos trabalhos de anatomia aplicada à taxonomia, aliados a outros caracteres, para diferenciar espécies como no caso de Celastraceae (GOMES et al., 2005), Apocynaceae (RIO et al., 2005), Myrtaceae (GOMES et al., 2009), Piperaceae (GOGOSZ et al., 2012) e *Chamaecrista* - Leguminosae, Caesalpinioideae (COUTINHO et al., 2013). Tal aplicação foi confirmada neste estudo.

A variação observada na forma da nervura principal entre as espécies analisadas foi relevante na construção da chave dicotômica, reafirmando a importância dessa característica para as Malpighiaceae (ARAÚJO et al., 2010). Nos estudos de Beiras e Sajo (2004), essa característica também auxiliou na distinção de espécies da família Erythroxylaceae.

Os dados relacionados à venação das 42 espécies de *Banisteriopsis* estudadas apresentaram poucas variações, mantendo um padrão nas características analisadas que pode ter significado em nível genérico. Com isso, as informações observadas podem auxiliar em análises filogenéticas futuras, mas a aplicação desses caracteres para o reconhecimento de espécies é limitada, como relatado por diversos autores (ALMEIDA JR. et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2011; ARAÚJO et al., 2010; BIERAS; SAJO, 2004; REIS et al., 2004).

A comparação da análise de similaridade com o trabalho de Gates (1982) permite afirmar que este estudo corrobora os agrupamentos criados por esse autor. Observou-se relação mais próxima entre espécies pertencentes a um mesmo grupo ou a agrupamentos considerados por Gates (1982) como próximos.

A análise de Davis e Anderson (2010) mostra a formação de quatro grupos, fato que também foi observado na análise de similaridade realizada neste estudo. O grupo I de Davis e Anderson (2010) é formado por *B. prancei*, *B. martiniana*, *B. sellowiana*, *B. nummifera* e *B. gardneriana*, que coincidem, em parte, com o

agrupamento formado na análise de similaridade, exceto pela ausência de *B. prancei* e presença de *B. laevifolia*. Relacionando esse primeiro grupo com o trabalho de Gates (1982), percebe-se que a maioria das espécies pertence ao agrupamento denominado nummifera pelo referido autor ou tem relação próxima com esse agrupamento.

O grupo II, obtido com a análise de similaridade, é formado por *B. calcicola*, *B. argyrophylla* e *B. adenopoda*. Observa-se que essas espécies pertencem a três agrupamentos diferentes nas análises de Gates (1982) e, também, a três grupos distintos nas análises de Davis e Anderson (2010). Fato semelhante ocorre com o grupo IV, formado por *B. angustifolia* e *B. acerosa*, ressaltando-se que na análise de Gates (1982) essas duas espécies pertencem a agrupamentos distintos, mas proximamente relacionados.

O grupo III, formado por *B. paraguariensis*, *B. prancei*, *B. muricata*, *B. harleyi*, *B. latifolia*, *B. confusa*, *B. pulchra* e *B. caapi*, corresponde, em parte, ao grupo II da análise molecular (*B. latifolia*, *B. confusa*, *B. adenopoda*, *B. pulchra* e *B. caapi*) de Davis e Anderson (2010). Comparando esse grupo com o agrupamento proposto por Gates (1982), observa-se que as espécies pertencem a quatro grupos diferentes, que em sua maioria estão proximamente relacionados devido ao compartilhamento de caracteres morfológicos.

Os caracteres anatômicos e morfológicos utilizados para a elaboração da chave dicotômica permitiram a distinção de 40 dos 43 táxons amostrados. Os principais caracteres que se mostraram úteis para diferenciar essas espécies foram: coloração das pétalas, presença/ausência e tipo de glândulas foliares, presença/ausência de epiderme biestratificada, forma do pecíolo e da nervura mediana, conformação do sistema vascular do pecíolo, presença/ausência de extensão de bainha, presença/ausência de bainha de esclereides em volta do feixe do pecíolo e o tipo de mesofilo. Em outras famílias botânicas, a utilização de caracteres anatômicos combinados ou não com caracteres morfológicos para a elaboração de chaves dicotômicas também se mostrou eficaz, como no caso de *Erythroxylum* (BIERAS; SAJO, 2004), nas plantas medicinais da mata ciliar da província biogeográfica paranaense - Argentina (ARAMBARRI et al., 2006) e *Chamaecrista* (COUTINHO et al., 2013).

Este estudo incluiu uma amostragem com cerca de 75% das espécies de *Banisteriopsis* descritas, 90% das ocorrentes no Brasil. Os resultados sugerem

homogeneidade de caracteres anatômicos no gênero *Banisteriopsis*, que é considerado um grupo monofilético (DAVIS; ANDERSON, 2010), o que corrobora resultados de filogenias moleculares. Foram identificados caracteres úteis para a distinção de espécies, os quais poderão indicar sinapomorfias, homologias e homoplasias em estudos que combinem dados morfológicos e moleculares. Além da confirmação da utilidade de dados anatômicos para os estudos de taxonomia e filogenia em *Banisteriopsis*, a congruência dos resultados anatômicos e morfológicos com os resultados moleculares indica que essa ferramenta é válida para o gênero e sugere sê-lo também para a família Malpighiaceae como um todo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-JR., E. B.; ARAÚJO, J. S.; SANTOS-FILHO, F. S.; ZICKEL, C. S. 2013. Leaf morphology and anatomy of *Manilkara* Adans. (Sapotaceae) from northeastern Brazil. **Plant Systematic and Evolution**, **299**: 1-9.
- ANDERSON, W. R.; DAVIS, C. C. 2006. Expansion of *Diplopterys* at the expense of *Banisteriopsis* (Malpighiaceae). **Harvard Papers in Botany**, **11**: 1-16.
- ARAMBARRI, A. M.; FREIRE, S. E.; COLARES, M. N.; BAYÓN, N. D.; NOVOA, M. C.; MONTI, C.; STENGLEIN, A. S. 2006. Leaf anatomy of medicinal shrubs and trees from gallery forests of the paranaense province (Argentina). **Boletín de la Sociedad Argentina**, **41**: 233-268.
- ARAÚJO, J. S.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, L. C.; MEIRA, R. M. S. A. 2010. Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 16 species of Malpighiaceae found in the Cerrado area (Brazil). **Plant Systematic and Evolution**, **286**: 117-131.
- BARROSO, G. M. 1991. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Vol. 2. Viçosa, MG: Editora UFV.
- BEIGUELMAN, B. 1962. Contribuição para o estudo anatômico das plantas do cerrado: II. Anatomia da folha e do caule de *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. **Revista de Biologia**, **3**: 111-123.
- BIERAS, A. C.; SAJO, M. G. 2004. Anatomia foliar de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) do Cerrado do estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, **18**: 601-612.

COSTA, F. F.; LIMA, H. R. P.; CUNHA, M.; SANTOS, I. S. 2010. Leaf anatomy and histochemistry of *Macropeplus dentatus* (Perkins) I. Santos & Peixoto and *Macropeplus ligustrinus* (Tul.) Perkins (Monimiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, **24**: 852-861.

CONCEIÇÃO, A. S.; QUEIROZ, L. P.; LEWIS, G. P.; ANDRADE, M. J. G.; ALMEIDA, P. R. M.; SCHNADELBACH, A. S.; VAN DEN BERG, C. 2009. Phylogeny of *Chamaecrista* Moench (Leguminosae-Caesalpinioideae) based on nuclear and chloroplast DNA regions. **Taxon**, **58**: 1168-1180.

COUTINHO, I. A. C.; FRANCINO, D. M. T.; AZEVEDO, A. A.; MEIRA, R. M. S. A. 2012. Anatomy of the extrafloral nectaries in species of *Chamaecrista* section *Absus* subsection *Baseophyllum* (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Flora**, **207**: 427-435.

COUTINHO, I. A. C.; FRANCINO, D. M. T.; R. MEIRA, M. S. A. 2013. Leaf anatomical studies of *Chamaecrista* subsect *Baseophyllum* (Leguminosae, Caesalpinioideae): new evidence for the up-ranking of the varieties to the species level. **Plant Systematic and Evolution**, **299**: 1709-1720.

DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. 2010. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. **American Journal of Botany**, **97**: 2031-2048.

ELLIS, B.; DALY, D. C.; HICKEY, L. J.; JOHNSON, K. R.; MITCHELL, J. D.; WILF, P.; WING, S. L. 2009. **Manual of leaf architecture**. New York: Cornell University Press.

FOSTER, A. S. 1950. **Practical plant anatomy**. New York: D. Van Nostrand Co.

FRANCINO, D. M. T. 2006. **Anatomia foliar de espécies de *Chamaecrista* Moench. (Leguminosae/Caesalpinioideae) ocorrentes em campo rupestre**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

GATES, B. 1982. *Banisteriopsis*, *Diplopterys* (Malpighiaceae). **Flora Neotropica**, **30**: 1-237.

GOGOSZ, A. M.; BOEGER, M. R. T.; NEGRELLE, R. R.; BERGO, B. 2012. Anatomia foliar comparativa de nove espécies do gênero *Piper* (C. Piperaceae). **Rodriguésia**, **63**: 405-417.

GOMES, S. M. A.; M SILVA, E. A.; LOMBARDI, J. A.; AZEVEDO, A. A.; F. H. A.; VALE, 2005. Anatomia foliar como subsídio à taxonomia da subfamília Hippocrateoideae (Celastraceae). **Acta Botanica Brasilica**, **19**: 945-961.

GOMES, S. M.; SOMAVILLA, N. S. D. N.; GOMES-BEZERRA, K. M.; MIRANDA, S. C.; De-CARVALHO, P. S.; GRACIANO-RIBEIRO, D. 2009. Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições à taxonomia e filogenia. **Acta Botanica Brasilica**, **23**:223-238.

GOMES, S. M. A.; LOMBARDI, J. A. 2010. Leaf anatomy as a contribution to the taxonomy of Salacioideae N. Halle ex Thorne & Reveal (Celastraceae). **Plant Systematic and Evolution**, **289**: 13-33.

HICKEY, L. J. 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. Pages 25-39. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. 1979. **Anatomy of the dicotyledons**. Vol. 1. Systematic anatomy of the leaf and stem. 2. ed. Oxford: Oxford Clarendon Press.

HOWARD, R. A. 1979. The petiole. Pages 88-96. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Vol. 1. Systematic anatomy of the leaf and stem. 2. ed. Oxford: Clarendon Press Oxford.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. 2007. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. Sunderland: Sinauer Associates.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro, RJ: Editora da UFRRJ.

MAKINO-WATANABE, H.; MELHEM, T.; BARTH, O. M. 1993. Morfologia dos grãos de pólen de espécies de *Banisteriopsis* C. B. Robinson ex Small (Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, **16**: 47-67.

MAMEDE, M. C. H. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Camarea* (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, **7**: 3-19.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. 1950. **Anatomy of the dicotyledons**. Vol. 2. Oxford: Oxford Clarendon Press.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. 1979. **Anatomy of the dicotyledons**. Vol. 1. Systematic anatomy of the leaf and stem. 2. ed. Oxford: Oxford Clarendon Press.

MORAES, T. M. D. A. S.; RABELO, G. R.; ALEXANDRINO, C. R.; DA SILVA NETO, S. J.; CUNHA, M. da. 2011. Comparative leaf anatomy and micromorphology of *Psychotria* species (Rubiaceae) from the Atlantic Rainforest. **Acta Botanica Brasilica**, **25**: 178-190.

NIEDENZU, F. 1928. Malpighiaceae. **Das Pflanzenreich IV** (A. Engler), **141**: 1-870.

OGUNDARE, C. S.; SAHEED, S. A. 2012. Foliar epidermal characters and petiole anatomy of four species of citrus L. (Rutaceae) from south-western Nigeria. **Blangladesh Journal Plant Taxon**, **19**: 25-31.

OLIVEIRA, M. I. U.; FUNCH, L. S.; SANTOS, F. A. R.; LANDRUM, L. R. 2011. Aplicação de caracteres morfoanatômicos foliares na taxonomia de *Campomanesia* Ruiz & Pavón (Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica**, **25**: 455-465.

PEREIRA, E. 1953. Contribuição ao conhecimento da família Malpighiaceae. Separata dos Arquivos do Serviço Florestal. **Ministério da Agricultura**, **7**: 12-66.

- REIS, C.; PROENÇA, S. L.; SAJO, M. G. 2004. Vascularização foliar e anatomia do pecíolo de Melastomataceae do cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, **18**: 987-999.
- RIO, M. C.; KINOSHITA, L. S.; CASTRO, M. M. 2005. Anatomia foliar como subsídio para a taxonomia de espécies de *Forsteronia* G. Mey. (Apocynaceae) dos cerrados paulistas. **Revista Brasileira de Botânica**, **28**: 713-726.
- ROHLF, F. J. 2000. **NTSYS-pc**: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.1. New York: Exeter Software, Setauket.
- SMITH, F. H.; SMITH, E. C. 1942. Anatomy of the inferior ovary of *Darbya*. **American Journal of Botany**, **29**: 464-471.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1995. **Biometry**: the principles of statistics in biological research. New York: Freeman.
- THEOBALD, W. L.; KRAHULIK, J. L.; ROLLINS, R. C. 1979. Trichome description and classification. Pages 40-53. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Vol. 1. Systematic anatomy of the leaf and stem. 2. ed. Oxford: Oxford Clarendon Press.

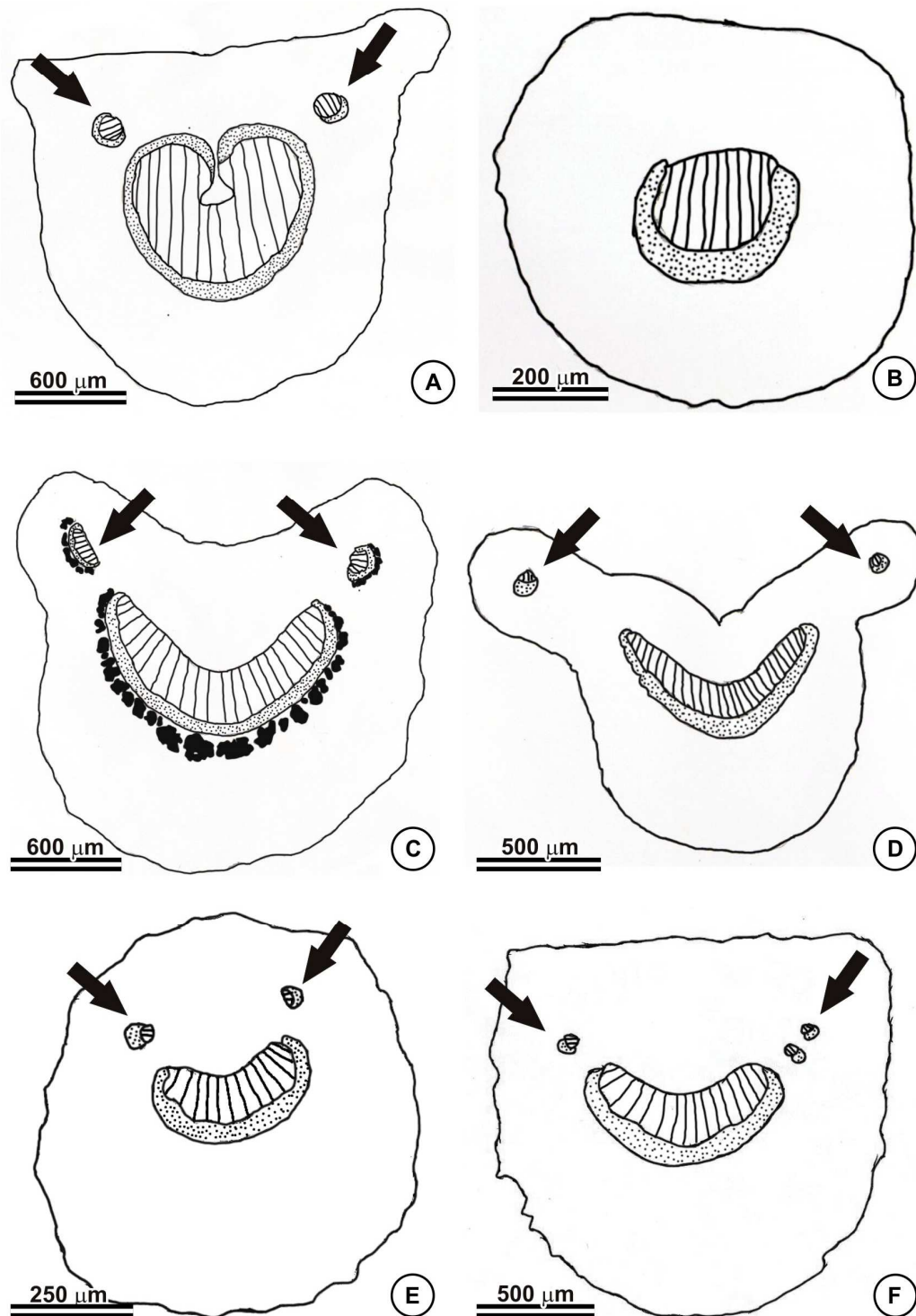


Figura 1 – Forma e conformação do sistema vascular em pecíolos de espécies de *Banisteriopsis*. Plano-convexo em *B. martiniana* (A) e *B. vernoniifolia* (F), Circular em *B. acerosa* (B) e *B. scutellata* (E) e Côncavo-convexo em *B. megaphylla* (C) e *B. parviflora* (D). A – Sistema vascular em arco aberto com extremidades convolutas, B-F – Sistema vascular em arco aberto. Abreviaturas: seta = feixes acessórios; áreas preenchidas por pontos = floema; áreas preenchidas por traços verticais = xilema; e áreas negras = bainha esclerenquimática.

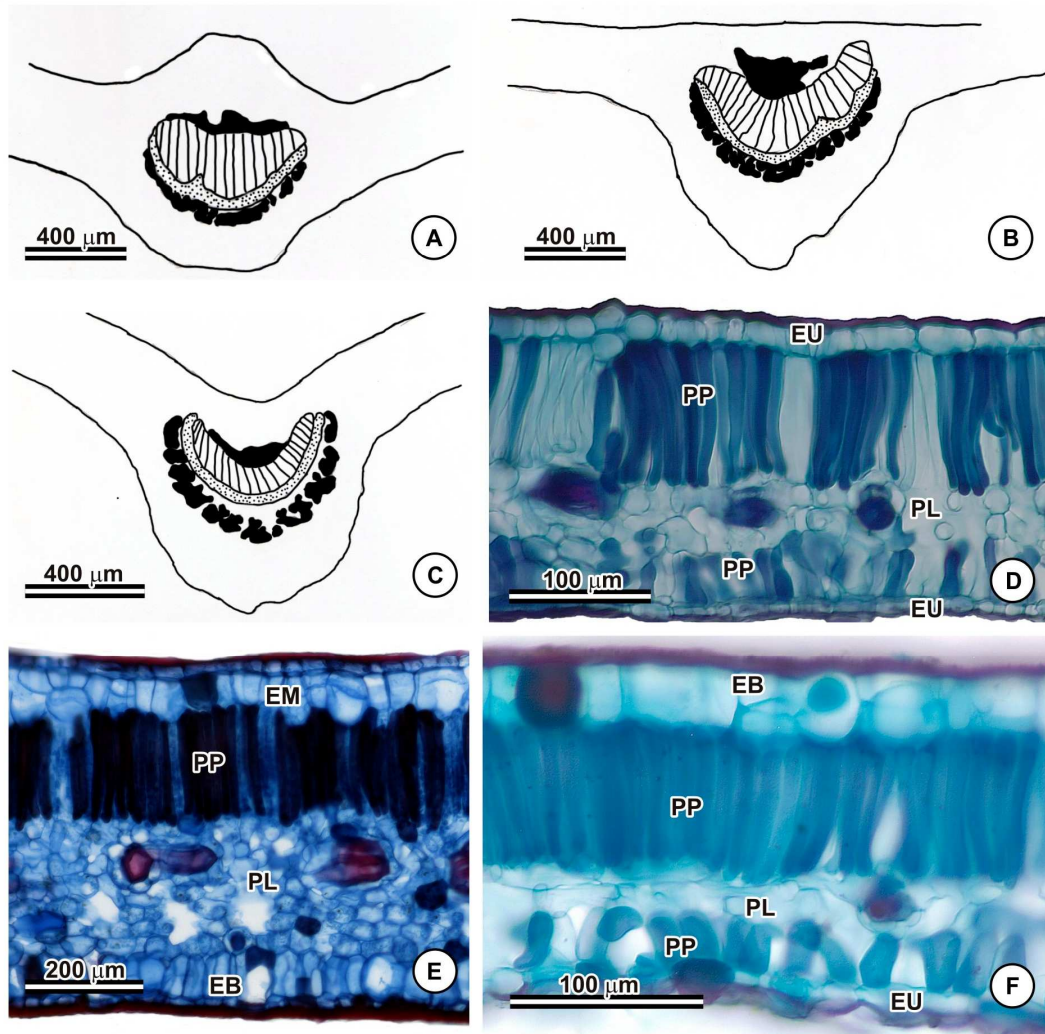


Figura 2 – Caracterização anatômica da lâmina foliar de espécies de *Banisteriopsis*. A - C: Desenhos esquemáticos de cortes transversais da nervura mediana; D - F: Cortes transversais do mesofilo; A: *B. hatschbachii*; B: *B. anisandra*; C e E: *B. martiniana*; D: *B. arborea*; e F: *B. acerosa*. Abreviaturas: áreas preenchidas por pontos = floema; áreas preenchidas por traços verticais = xilema; áreas negras = fibras; EU = epiderme uniestratificada; EM = epiderme multiestratificada; EB = epiderme biestratificada; PP = parênquima paliçádico; e PL - parênquima lacunoso.

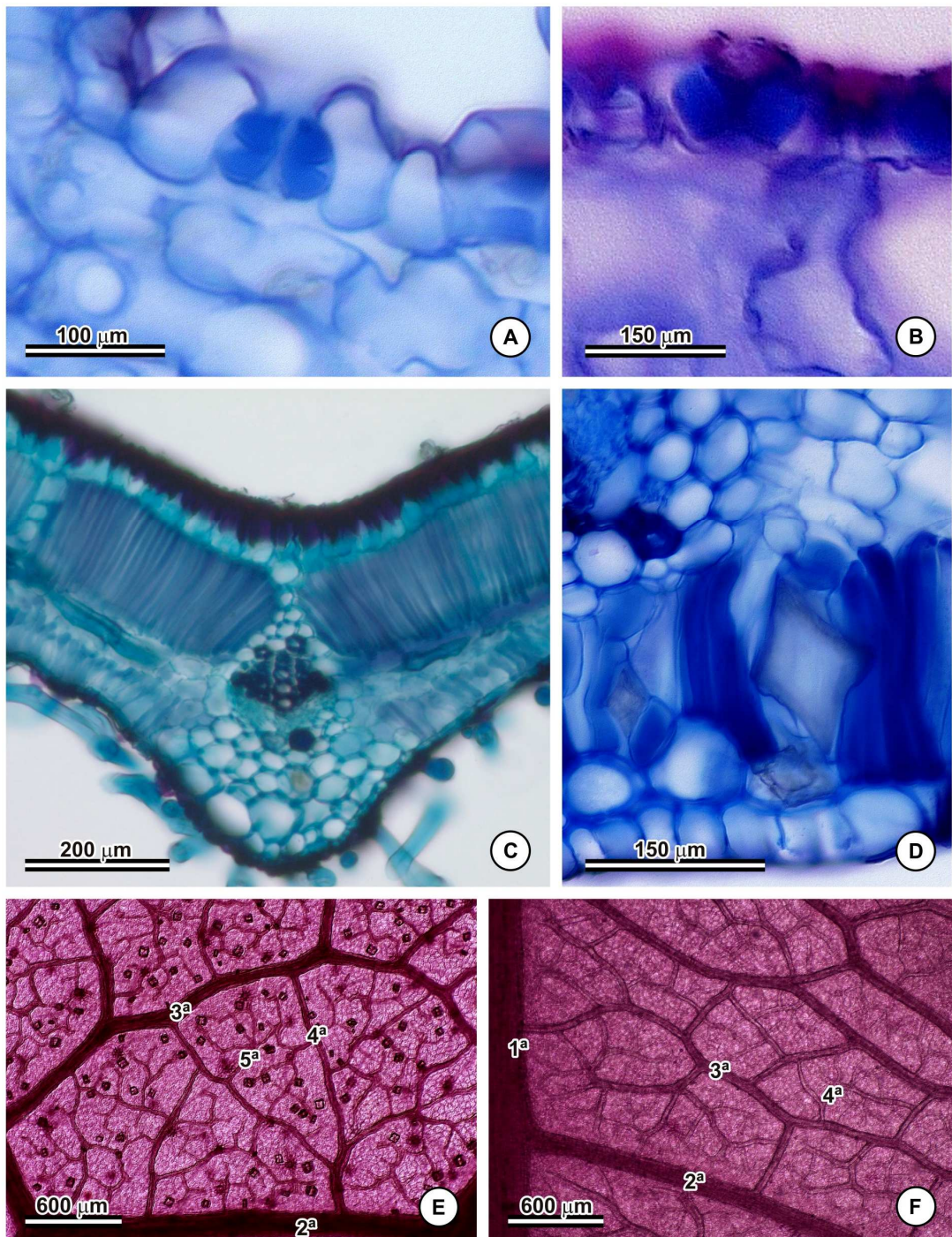


Figura 3 – Cortes transversais do mesofilo de espécies de *Banisteriopsis* A-F; e Diafanização de folhas de espécies de *Banisteriopsis* (E-F). A: *B. byssacea* – detalhe do estômato com células subsidiárias projetadas sob as células-guardas; B: *B. martiniana* – detalhe do estômato com cristas estomáticas; C: *B. adersonii* – extensão de bainha; D: *B. muricata* – cristais prismáticos; E: *B. adenopoda* – presença de veias quaternárias; e F: *B. sellowiana* – ausência de veias quaternárias.

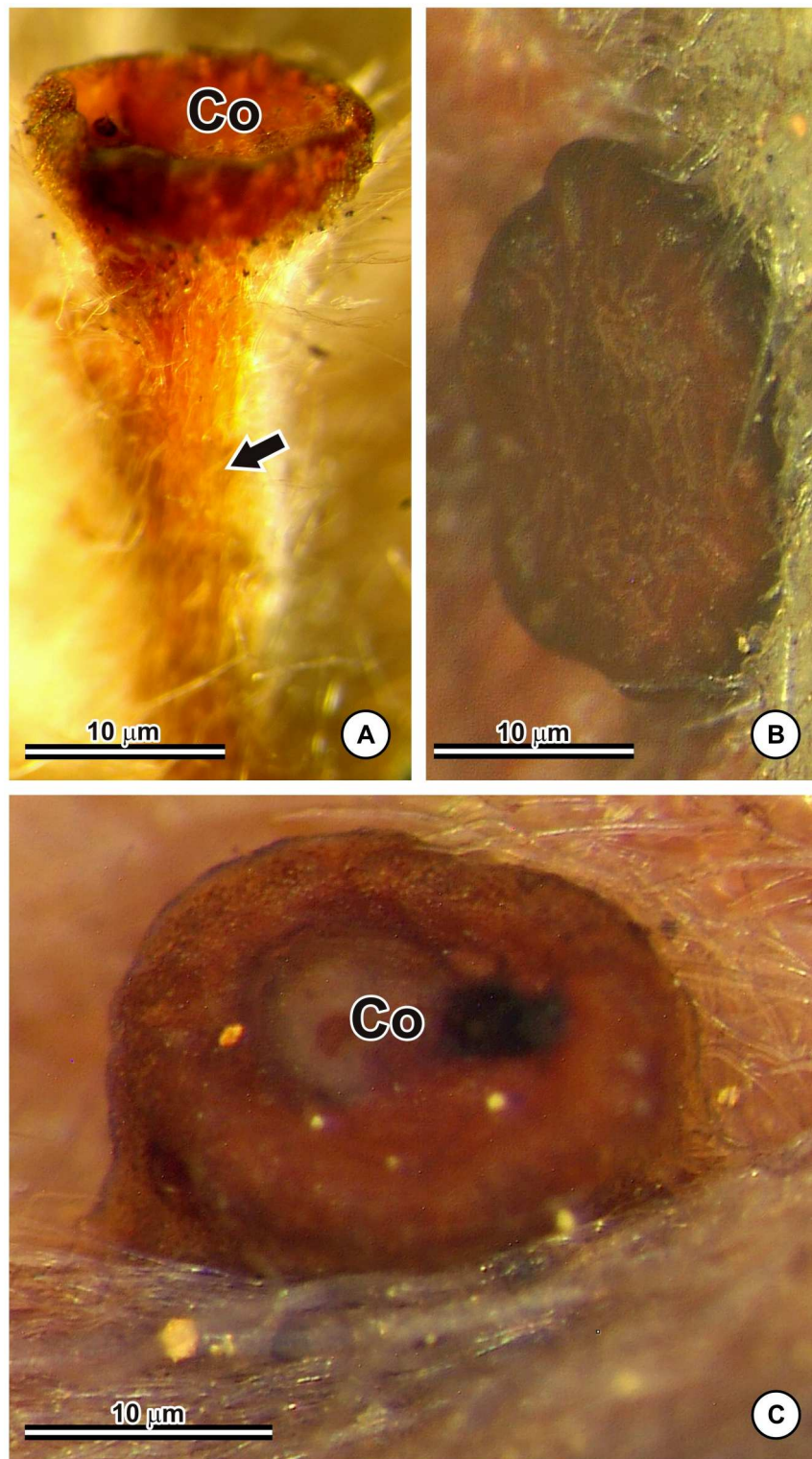


Figura 4 – Forma das glândulas foliares de *Banisteriopsis*. A: *B. scutellata* – Glândula arredondada com concavidade e pedunculada; B: *B. goiana* – Glândula arredondada sem concavidade e séssil; e C: *B. campestris* – Glândula arredondada com concavidade e séssil. Co = concavidade e seta = pedúnculo.

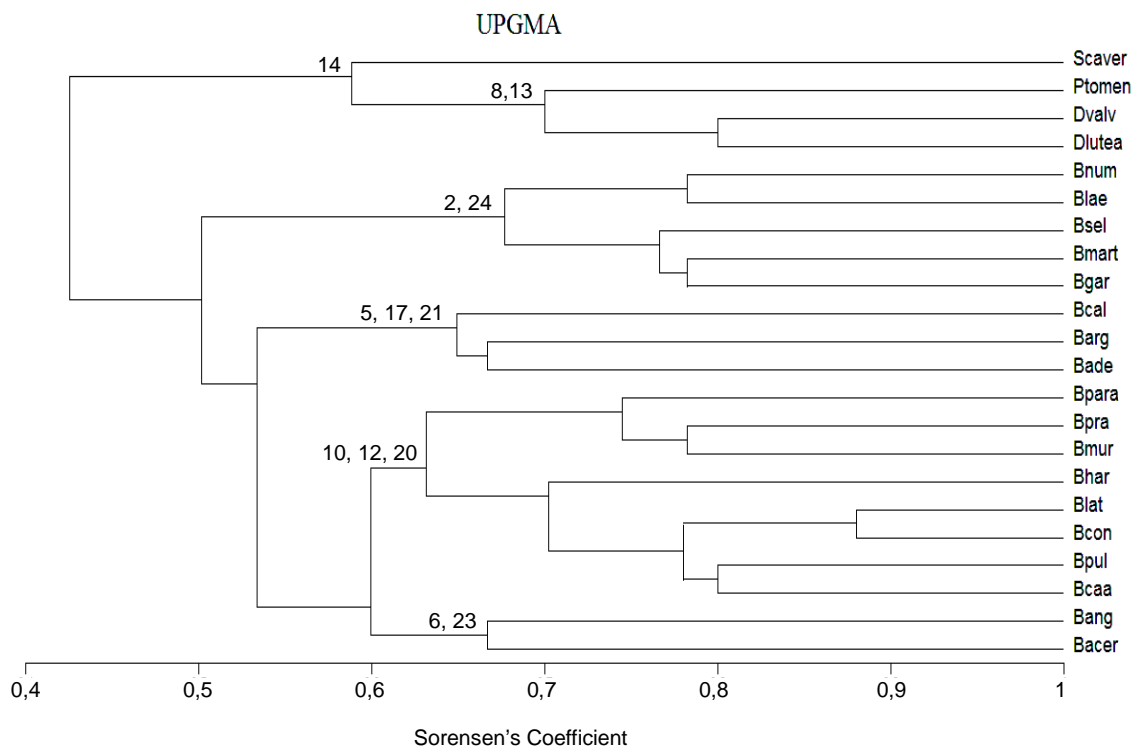


Figura 5 – Análise de agrupamento (UPGMA) de espécies de *Banisteriopsis*. Os números indicam os caracteres exclusivos de cada grupo. 2: pétalas amarelas em flores em antese; 5: glândulas foliares com forma arredondada com concavidade e pedunculadas; 6: glândulas foliares com forma arredondada sem concavidade sésseis; 8: pecíolo em secção transversal com forma plano-convexa; 10: Sistema vascular do pecíolo disposto em arco aberto; 12: feixes acessórios; 13: bainha de esclereides em volta do feixe do pecíolo; 14: nervura mediana côncava na face adaxial; 17: epiderme uniestratificada em ambas as faces; 20: mesofilo isobilateral; 21: mesofilo dorsiventral; 23: extensão de bainha; e 24: veias quaternárias. **Abreviações:** Bace *B. acerosa*; Bade *B. adenopoda*; Bcon *B. confusa*; Blat *B. latifolia*; Bpul *B. pulcra*; Bhar *B. harleyi*; B. para *B. paraguariensis*; Bmur *B. muricata*; Bang *B. angustifolia*; Bpra *B. prancei*; Bcaa *B. caapi*; Blae *B. laevifolia*; Bnum *B. nummifera*; Bgar *B. gardneriana*; Bsel *B. sellowiana*; Bmart *B. martiniana*; Barg *B. argyrophylla*; Bcal *B. calcicola*; Dlutea *Diplopterys lútea*; Dvalv *D. valvata*; Ptomen *Peixotoa tomentosa*; e Scaver *Stigmaphyllon cavernulosum*.

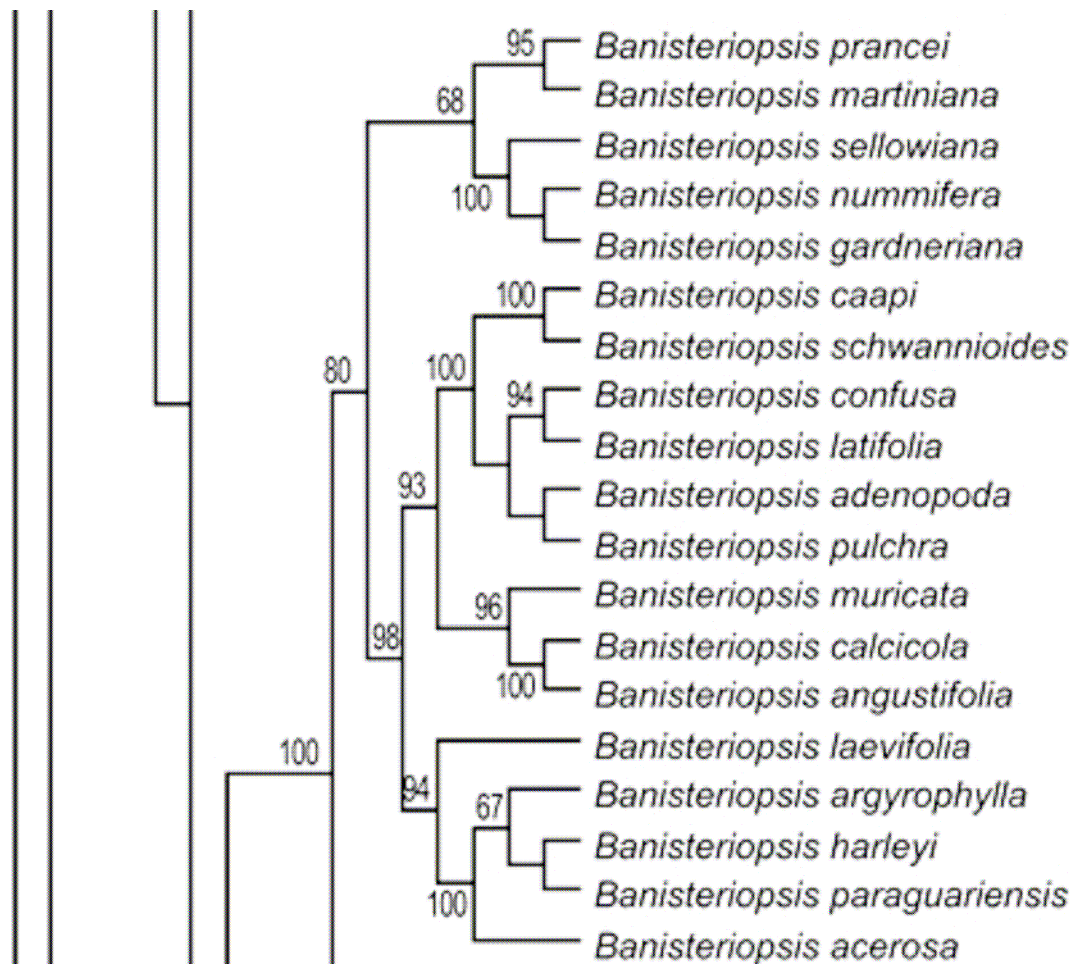


Figura 6 – Parte da árvore filogenética de Davis e Anderson (2010) utilizada para comparação com a análise de similaridade.

Tabela 1 – Comparação dos principais sistemas de classificação do gênero *Banisteriopsis*

Niedenzu, 1928		Gates, 1982		Davis e Anderson, 2010
Subgêneros	Seções	Subgêneros	Seções	Gênero
<i>Hemiramma</i>	<i>Pseudobyrrsonima</i>	<i>Banisteriopsis</i>		<i>Bronwenia</i>
	<i>Monoctenia</i>			
	<i>Leiococca</i>			
<i>Eubanisteria</i>		<i>Hemiramma</i>		<i>Banisteriopsis</i>
<i>Pleiopterys</i>		<i>Pleiopterys</i>	<i>Sciurostylis</i>	<i>Diplopterys</i>
			<i>Anisopterys</i>	

Tabela 2 – Lista de espécies de *Banisteriopsis* e do grupo externo analisadas e números de registro do material obtido nos diferentes herbários brasileiros

Espécies	Material examinado
1. <i>Banisteriopsis acerosa</i> (Niedenzu) B. Gates	RB (331201, 244401, 201162); MBM (174055); UB (65222); IBT (252951, 384090, 386918)
2. <i>B. adenopada</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (69270, 120913, 411546, 45432); IBT (306339, 346371, 306335, 354763)
3. <i>B. andersonii</i> B. Gates	RB (193800, 244368, 90852); IBT (142693, 153995, 143432)
4. <i>B. angustifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (57956, 195038, 326698); IBT (409661, 390564, 253629)
5. <i>B. anisandra</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (133639, 494729, 150011); UB (26924); IBT (296650, 363454, 216329, 394821)
6. <i>B. arborea</i> B. Gates	RB (244371, 59841, 448021); MBM (35602); UB (58303, 58886)
7. <i>B. argyrophylla</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (57894, 67619, 167016); UB (26972, 29428); IBT (167185, 257888, 272633, 161943)
8. <i>B. basifixa</i> B. Gates	CEPEC (241574); RB (309636, 138858)
9. <i>B. byssacea</i> B. Gates	IBT (286494, 287603, 286131, 286466)
10. <i>B. caapi</i> (Spruce ex. Grisebach) Morton	INPA (98255, 124466, 192409); IBT (113821, 270884, 45735)
11. <i>B. calcicola</i> B. Gates	MBM (204953); UB (58306); IBT (320281, 319088, 386474)
12. <i>B. campestris</i> (Adr. Jussieu) E. L. Little	RB (28103, 191338, 223130); UB (19522, 25538); IBT (255661, 64956, 333747)
13. <i>B. cipoensis</i> B. Gates	RB (169904, 68846, 196228); UB (59361); IBT (142685, 185216, 142666)
14. <i>B. confusa</i> B. Gates	RB (478486, 351217, 268035); INPA (104786); UB (58870, 65226); IBT (267358, 369759)
15. <i>B. gardneriana</i> (Adr. Jussieu) Anderson & Gates	RB (95614, 153189, 340322); INPA (120842); UB (59364, 43780); IBT (411993, 405433, 296769)
16. <i>B. goiana</i> B. Gates	RB (167725, 141454, 141456); IBT (247090, 314595, 409337)
17. <i>B. harleyi</i> B. Gates	RB (252166, 199408, 200020); UB (52128); IBT (320286, 390563, 328052)
18. <i>B. hatschbachii</i> B. Gates	RB (141452); MBM (62215, 35681, 138625); UB (65218, 44865); IBT (384087)
19. <i>B. hirsuta</i> B. Gates	MBM (159994); UB (62311, 65225); IBT (272762)
20. <i>B. irwinii</i> B. Gates	RB (253058); MBM (62209, 34977); UB (61968); IBT (256267, 319498, 333823)
21. <i>B. laevifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (208257, 208256, 141453, 345479); INPA (121113); UB (27610); IBT (185291, 378737, 276298)
22. <i>B. latifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (244357, 78817, 451533); INPA (215076); IBT (328863, 319491, 161946)
23. <i>B. malifolia</i> var. <i>apressa</i>	RB (197481, 203185, 11692, 245137); UB (4534, 58889, 58840); IBT (266351, 269834, 330459)
24. <i>B. malifolia</i> var. <i>malifolia</i>	RB (227201, 167017, 318522); UB (2902, 29446); IBT (247501, 352031, 247486)
25. <i>B. martiniana</i> var. <i>martiniana</i>	RB (1012, 325635), IBT (79198)
26. <i>B. martiniana</i> var. <i>subnervia</i>	IBT (292853)

Continua...

Tabela 2 – Cont.

Espécies	Material examinado
27. <i>B. megaphylla</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (318523, 57964, 234958, 153191, 70740, 223124); UB (24276, 276680); IBT (275693, 256227, 161240)
28. <i>B. membranifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (139047, 465297, 88808, 242941, 324061); UB (58359); IBT (363619, 251636, 267592)
29. <i>B. multifoliolata</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	HUEFS (59557, 65929)
30. <i>B. muricata</i> (Cavanilles) Cuatrecasas	RB (403165, 331387, 331331); INPA (104063, 92622, 112527, 117519); UB (58356); IBT (345233, 354770, 292254)
31. <i>B. nummifera</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (26312, 11703); HUEFS (72971); IBT (311759, 258060, 292273)
32. <i>B. oxyclada</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (462436, 256772, 380221); UB (58357); IBT (321252, 338414, 306489)
33. <i>B. paraguariensis</i> B. Gates	RB (94220, 478482); MBM (323142, 45582, 79507)
34. <i>B. parviflora</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	MBM (350504, 57095); UB (65209); UPCB (16289); IBT (153115, 26500)
35. <i>B. parviglandula</i> B. Gates	IBT (329049, 276262, 301302); RB (1315)
36. <i>B. prancei</i> B. Gates	RB (11689); INPA (120862, 104884, 105558, 120766, 121147); UB (58933); IBT (30263)
37. <i>B. pulchra</i> B. Gates	RB (360628); MBM (269100, 269096, 45572); UB (58358)
38. <i>B. quadriglandula</i> B. Gates	RB (247947); IBT (153583)
39. <i>B. schizoptera</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	MBM (65895, 248945, 244219); UB (58865, 34428); IBT (386630, 363464)
40. <i>B. scutellata</i> (Grisebach) B. Gates	IBT (412014); CEPEC (67045, 102582, 124994)
41. <i>B. sellowiana</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (280276, 109930)
42. <i>B. stellaris</i> (Grisebach) B. Gates	RB (72601, 238905, 214173); INPA (120693, 105103); UB (2160, 219); IBT (386633, 251615)
43. <i>B. variabilis</i> B. Gates	RB (107054, 130807, 37877); UB (59350, 5211); IBT (412422, 257872)
44. <i>B. veroniifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	MBM (64120, 249229, 65887); UB (58850); IBT (402047, 275889, 167204)
45. <i>Diplopterys lutea</i> (Griseb.) W. R. Anderson & C. Davis	HUEFS (112131, 183169); SPF (37949)
46. <i>D. valvata</i> (W. R. Anderson e B. Gates) W. R. Anderson e C. Davis	HUEFS (43868, 39907, 45890)
48. <i>Stigmaphyllon cavernulosum</i> C. E. Anderson	VIC (2857, 7519)
47. <i>Peixotoa tomentosa</i> A. Juss.	VIC (35777, 35776, 35796)

Tabela 3 – Matriz de presença (1) e ausência (0) das 42 espécies de *Banisteriopsis* ocorrentes no Brasil e q espécies pertencentes a outros gêneros de Malpighiaceae utilizadas como grupo externo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Bacer	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	
Bade	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
Band	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	
Bang	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	
Bani	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Barb	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
Barg	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bbas	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Bbys	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bcaa	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Bcal	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
Bcam	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bcip	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bcon	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bgar	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1
Bgoi	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Bhar	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
Bhat	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Bhir	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Birw	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Blae	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Blat	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bmala	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bmalm	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Bmart	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
Bmeg	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Bmem	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Bmul	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Bmur	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1

Continua...

Tabela 3 – Cont.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Bnum	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
Boxy	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
Bpara	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Bparv	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
Bparg	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
Bpra	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
Bpul	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Bqua	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Bsch	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
Bscu	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Bsel	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1
Bste	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Bvar	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
Bver	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Dlutea	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Dvalv	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Scaver	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ptomen	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

1 – Pétalas brancas em flores em antese; 2 – pétalas amarelas em flores em antese; 3 – pétalas amarelas em flores em antese; 4 – glândulas foliares com forma arredondada com concavidade séssil; 5 – glândulas foliares com forma arredondada com concavidade e pedunculadas; 6 – glândulas foliares com forma arredondada sem concavidade séssil; 7 – pecíolo em secção transversal com forma côncavo-convexo; 8 – pecíolo em secção transversal com forma plano-convexo; 9 – pecíolo em secção transversal com forma circular; 10 – Sistema vascular do pecíolo disposto em arco aberto; 11 – Sistema vascular do pecíolo disposto em arco aberto com extremidades convolutas; 12 – feixes acessórios; 13 – bainha de esclereides em volta do feixe do pecíolo; 14 – nervura mediana côncava na face adaxial; 15 – nervura mediana plana na face adaxial; 16 – nervura mediana convexa na face adaxial; 17 – epiderme uniestratificada em ambas as faces; 18 – epiderme biestratificada em algumas regiões na face adaxial; 19 – epiderme biestratificada em algumas regiões na face abaxial; 20 – mesofilo isobilateral; 21 – mesofilo dorsiventral; 22 – agrupamento de esclereides ao longo do mesofilo; 23 – extensão de bainha; 24 – veias quaternárias; 25 – veias quinternárias; 26 – areolação; e 27 – vênulas que terminam livremente. **Abreviaturas:** Bace *B. acerosa*, Bade *B. adenopoda*, Band *B. andersonii*, Bang *B. angustifolia*, Bani *B. anisandra*, Barg *B. argyrophylla*, Bbas *B. basifixa*, Bbys *B. byssacea*, Bcaa *B. caapi*, Bcal *B. calcicola*, Bcam *B. campestris*, Bcip *B. cipoensis*, Bcon *B. confusa*, Bgar *B. gardeneriana*, Bgoi *B. goiana*, Bhar *B. harleyi*, Bhat *B. hatschabachii*, Bhir *B. hirsuta*, Birw *B. irwinii*, Blae *B. laevifolia*, Blat *B. latifolia*, Bmala *B. malifolia* var. *apressa*, Bmala *B. malifolia* var. *malifolia*, Bmart *B. martiniana*, Bmeg *B. megaphylla*, Bmem *B. membranifolia*, Bmul *B. multifoliolata*, Bmur *B. muricata*, Bnum *B. nummifera*, Boxy *B. oxyclada*, Bpara *B. paraguariensis*, Bparv *B. parviflora*, Bparg *B. parviglandula*, Bpra *B. prancei*, Bpul *B. pulcra*, Bqua *B. quadriglandula*, Bsch *B. schizoptera*, Bscu *B. scutellata*, Bsel *B. sellowiana*, Bste *B. stellaris*, Bvar *B. variabilis*, Bver *B. veroniifolia*, Dlutea *Diplopterys lutea*, Dvalv *D. valvata*, Ptomen *Peixotoa tomentosa* e Scaver *Stigmaphyllon cavernulosum*.

ARTIGO 2

ANATOMIA COMPARADA DAS GLÂNDULAS CALICINAIS E FOLIARES DE *Banisteriopsis* C. B. Rob. (Malpighiaceae)

Este artigo será submetido à revista **Botany**, Qualis A2 na Câmara de Biodiversidade. ISSN (print): 1916-2790; ISSN (electronic): 1916-2804; Frequency: 12 issues per year; Impact factor: 1.225. Editor: Dr. Christian R. Lacroix (University of Prince Edward Island, Canada). Associate Editors: A. Angert (The University of British Columbia), J.F. Basinger (University of Saskatchewan), P. Bonham-Smith (University of Saskatchewan), J. Brisson (Université de Montréal), D.S. Coxson (University of Northern British Columbia), A.R. Davis (University of Saskatchewan), M.E. Dorken (Trent University), B. Downie (University of Kentucky), D. Durall (The University of British Columbia, Okanagan), G. Espie (University of Toronto at Mississauga), P.J. Facchini (University of Calgary), F. Guinel (Wilfrid Laurier University), A. Gunawardena (Dalhousie University), J.C. Hall (University of Alberta), E. Johnson (University of Calgary), P.M. Kotanen (University of Toronto), B. Kropp (Utah State University), A. MacDougall (University of Guelph), R. Mullen (University of Guelph), O.P. Rajora (University of New Brunswick), D. Riggs (University of Toronto), J. Rivoal (Université de Montréal), P. Ryser (Laurentian University), H. Sanfaçon (Agriculture and Agri-Food Canada, Summerland Research Centre), L. Sanità di Toppi (University of Parma), G. Selvaraj (Plant Biotechnology Institute, National Research Council of

Canada), S.F. Shamoun (Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre), A. Sherwood (University of Hawaii), T. Smith (Agriculture and Agri-Food Canada), S. Stefanovic (University of Toronto at Mississauga), G. Thorn (University of Western Ontario), Jana Vamosi (University of Calgary), L. Vasseur (Brock University), D. Wolyn (University of Guelph), T. Xing (Carleton University). About the journal: Published since 1929, this monthly journal features comprehensive research articles and notes in all segments of plant sciences, including cell and molecular biology, ecology, mycology and plant-microbe interactions, phycology, physiology and biochemistry, structure and development, genetics, systematics, and phytogeography. It also publishes methods, commentary, and review articles on topics of current interest, contributed by internationally recognized scientists.

RESUMO

Banisteriopsis é considerado um dos maiores gêneros de Malpighiaceae, com 58 espécies descritas, das quais 47 ocorrem no Brasil. O gênero possui glândulas calicinais e foliares e estruturas consideradas relevantes para o sucesso adaptativo da família. Estudos comparados que possibilitam a verificação de semelhanças e, ou, diferenças anatômicas e histoquímicas podem auxiliar na interpretação das funções desempenhadas por essas glândulas. Este trabalho teve como objetivo caracterizar anatomicamente as glândulas foliares e calicinais de 38 espécies de *Banisteriopsis* ocorrentes no Brasil, bem como analisar histoquimicamente as referidas estruturas nas espécies de *B. campestris*, *B. laevifolia* e *B. malifolia*, utilizando-se metodologia usual. As glândulas calicinais diferem das foliares por possuírem superfície irregular recoberta por cutícula espessa, que se solta da epiderme pelo acúmulo de secreção. Nas demais características, elas são semelhantes. Produzem secreção de natureza mista, tendo sido detectados grânulos proteicos, polissacarídeos e lipídios. Os dados obtidos reforçam a hipótese de as glândulas foliares terem originado as glândulas calicinais em resposta à interação com polinizadores.

Palavras-chave: Histoquímica, micromorfologia, secreção de lipídios, secreção de proteínas e secreção de polissacarídeos.

INTRODUÇÃO

As Malpighiaceae neotropicais, embora apresentem uniformidade na estrutura floral, possuem grande diversidade de hábito, de morfologia de frutos, pólen e número cromossômico (ANDERSON, 1979). As flores de Malpighiaceae são predominantemente zigomorfas e formadas por cinco pétalas unguiculadas alternas aos lacínios do cálice (ANDERSON, 1979). Naquelas visitadas por abelhas, a pétala posterior difere das demais, principalmente quanto ao tamanho, forma, cor e consistência. O androceu é diplostêmone, e os estames variam de 5 a 10, podendo ocorrer estaminódios. As flores são tricarpelares, com dois carpelos posteriores e um anterior, oposto ao lacínio anterior (NIEDENZU, 1928; ANDERSON, 1977, 1979, 1990).

Glândulas calicinais estão presentes em aproximadamente 90% das espécies de Malpighiaceae do Novo Mundo e em 52% do Velho Mundo (VOGEL, 1990), e a secreção produzida pode atuar como recompensa aos visitantes/polinizadores (VOGEL, 1990). Nas espécies neotropicais, essas glândulas foram denominadas elaióforos por secretarem óleo. Já nos representantes paleotropicais, tais estruturas podem produzir néctar, correspondendo, portanto, a nectários florais (VOGEL, 1974 *apud* ANDERSON, 1990; VOGEL, 1990).

Os elaióforos são utilizados como caráter diagnóstico para os representantes neotropicais de Malpighiaceae. Nesse grupo, óleo e pólen são os recursos produzidos pelas flores que atuam na atração de visitantes e, ou, polinizadores especializados na coleta de óleo, principalmente fêmeas de abelhas da tribo Centridini (ANDERSON, 1979). Entretanto, os nectários florais das espécies paleotropicais não estão relacionados à síndrome de polinização/polinizadores (VOGEL, 1974 *apud* ANDERSON, 1990; VOGEL, 1990).

Além das glândulas calicinais, glândulas foliares são comuns em Malpighiaceae (ELIAS, 1983). Vogel (1990), com base na similaridade anatômica entre glândulas calicinais e foliares, comenta que os elaióforos teriam surgido da modificação de nectários em resposta ao mutualismo entre flores e abelhas silvestres da tribo Centridini, que coletam o óleo para a alimentação de larvas e a impermeabilização da parede dos ninhos (ANDERSON, 1979; COSTA *et al.*, 2006).

Banisteriopsis C. B. Rob. é considerado um dos maiores gêneros de Malpighiaceae, sendo bem representado no Brasil, onde ocorrem 47 das 58 espécies descritas para o Novo Mundo (ANDERSON; DAVIS, 2006; DAVIS; ANDERSON, 2010; GATES, 1982). Apesar da importância do gênero e do envolvimento das glândulas calicinais e foliares no sucesso adaptativo das Malpighiaceae, existe escassez de trabalhos que relacionem a anatomia das estruturas secretoras ocorrentes no cálice e folha com a natureza química do produto secretado. Tais informações podem ser úteis para futuros trabalhos de ecologia e taxonomia.

Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar e comparar anatomicamente as glândulas foliares e calicinais de espécies de *Banisteriopsis* ocorrentes no Brasil, bem como analisar histoquimicamente as referidas glândulas nas espécies de *B. campestris* (Adr. Jussie) E. L. Little, *B. laevifolia* (Adr. Jussie) B. Gates e *B. malifolia* (Nees et Martius) B. Gates.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas as glândulas de 38 espécies (40 táxons). Dessas, foi possível avaliar comparativamente as glândulas foliares e calicinais de 26 espécies (Tabelas 1 e 2). O material foi obtido em diferentes herbários brasileiros (Tabela 1), utilizando-se sempre o mínimo de três indivíduos por espécie como repetições, exceto em casos de espécies raras, que não apresentavam mais de um indivíduo nas coleções consultadas.

Folhas e flores foram retiradas das exsicatas e submetidas ao processo de reversão de herborização, segundo metodologia de Smith e Smith (1942), que consiste em ferver o material em água destilada até ele submergir (em média, 5 min), nunca deixando ultrapassar 15 min de fervura. Assim que as folhas e flores atingiram a temperatura ambiente, foram mergulhadas em solução de KOH 2% para completar a distensão (em média, 2 h). Depois de lavado, o material foi desidratado em série etflica e estocado em etanol 70%.

Foram obtidos cortes à mão livre, com o auxílio de lâmina de barbear para a caracterização anatômica das glândulas foliares. Os cortes foram clarificados em

hipoclorito de sódio 20% e corados com fucsina básica – azul de Astra. As lâminas foram montadas em gelatina glicerinada e lutadas com esmalte incolor (KRAUS; ARDUIN, 1997). As sépalas contendo as glândulas calicinais foram submetidas à técnica de inclusão em metacrilato (MEIRA; MARTINS, 2003). Os blocos foram cortados em micrótomo rotativo (Spencer 820, American Optical Corporation, Buffalo, NY, EUA), com 7-10 µm de espessura e corados com azul-de-toluidina pH 4 (O' BRIEN; McCULLY, 1981).

Para realização dos testes histoquímicos, foram selecionadas *Banisteriopsis campestris*, *B. laevifolia* e *B. malifolia*, pois haviam sido analisadas por Araújo *et al.* (2010), o que facilitou a identificação em campo e coleta. Amostras de ramos vegetativos e florais das três espécies foram coletadas em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba (MG) e *B. campestris* em área de Campo Rupestre no Parque Estadual da Serra do Ouro Branco (MG). Tanto as glândulas foliares quanto calicinais foram fixadas em glutaraldeído e, posteriormente, cortadas à mão livre e submetidas a testes para detecção das substâncias sumarizadas na Tabela 2, sendo os controles dos testes realizados simultaneamente.

A análise e documentação fotográfica foram realizadas em fotomicroscópio (Olympus AX70TRF, Olympus Optical, Tokyo, Japão) com sistema U-Photo e câmera digital (AxioCam HRC; Zeiss, Göttingen, Germany) e microscópio de epifluorescência (HBO 50-W; Olympus Optical, Tokyo, Japan) com lâmpada de mercúrio e filtro (filtro de excitação BP 340-380, espelho dicróico 459, filtro LP-430; Ushio-USH 102D, Japan).

Para o estudo da micromorfologia em microscópio eletrônico de varredura, botões florais e fragmentos de folhas provenientes de material herborizado foram montados nos suportes e submetidos à deposição metálica com ouro (BOZZOLA; RUSSEL, 1992), utilizando-se equipamento Sputter Coater FDU 010 da Balzers. A investigação e documentação do material foram efetuadas em microscópio eletrônico de varredura (Leo 1430VP, Zeiss, Heidelberg, Alemanha), pertencente ao Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise da UFV.

RESULTADOS

As glândulas calicinais das 35 espécies avaliadas possuem o mesmo padrão morfológico, são subsésseis com formato oblongo e superfície irregular (Figura 1A), um par em cada sépala, e em uma das cinco sépalas elas estão ausentes, totalizando oito glândulas. Três tipos morfológicos de glândulas foliares foram observados entre as 29 espécies avaliadas. As glândulas são arredondadas côncavas e pedunculadas (Figura 1B) em *B. adenopada*, *B. arborea*, *B. argyrophylla* e *B. calcicola*. Em *B. campestris*, *B. confusa*, *B. harleyi*, *B. martiniana*, *B. membranifolia*, *B. muricata*, *B. oxyclada*, *B. paraguariensis*, *B. parviflora*, *B. pulchra*, *B. schizoptera*, *B. sellowiana* e *B. stellaris* e são arredondadas, com concavidade e sésseis (Figura 1C), enquanto nas demais (12 espécies) as glândulas são arredondadas sem concavidade e sésseis (Figura 1D).

Não foram observadas diferenças na estrutura anatômica das glândulas calicinais entre as espécies analisadas. Em seção longitudinal, a região distal é constituída por cutícula espessa, que na maioria dos indivíduos analisados não estava aderida à superfície epidérmica, formando um espaço subcuticular evidente em algumas regiões da epiderme (Figura 2A, 2B). A epiderme é constituída por células dispostas em paliçada (Figura 2C, 2D), com núcleo grande e conteúdo citoplasmático denso. O tecido epidérmico secretor apresenta diversas invaginações transversais ao longo da glândula (Figuras 1B e 2B, 2C), formando uma superfície irregular (Figura 1C), enquanto na região não secretora da epiderme as células são menores que as da porção secretora. O tecido parenquimático da glândula é constituído por duas regiões diferenciadas. Uma subepidérmica, localizada em especial nas porções entre as invaginações, composta por células justapostas de formato alongado, com conteúdo celular denso e espaços intercelulares reduzidos (Figura 2C). Na região adjacente, o parênquima é constituído por células de formato isodiamétrico, sendo comum a presença de drusas nas duas regiões (Figura 2C). A vascularização das glândulas é formada por feixes de xilema e floema altamente ramificados, com predomínio de floema (Figura 2D).

Comparativamente, as glândulas foliares exibiram pequenas diferenças em relação às glândulas calicinais, embora não tenham sido notadas diferenças anatômicas relevantes relacionadas às glândulas foliares entre as espécies de

Banisteriopsis analisadas. Em plano longitudinal, na maioria das espécies analisadas, a cutícula que recobre a região secretora das glândulas foliares é mais delgada e aderida à epiderme uniestratificada em paliçada (Figura 2E, 2F). A superfície secretora é lisa e sem invaginações (Figura 2E), e o parênquima subepidérmico glandular possui espaços reduzidos, células isodiamétricas e aclorofiladas, enquanto as outras células parenquimáticas, forma alongada (Figura 2E, 2F). Terminações vasculares de xilema e floema originados de feixes acessórios ou de nervuras laterais secundárias confluem até essa região, sendo responsáveis pelo suprimento vascular da glândula (Figura 2F). Majoritariamente, as células de floema alcançam o parênquima subepidérmico até duas camadas de células abaixo da epiderme secretora. A presença de drusas é comum no parênquima glandular das espécies analisadas (Figura 2G).

Os resultados das análises histoquímicas realizadas em *Banisteriopsis campestris*, *B. laevifolia* e *B. malifolia* encontram-se sumarizados na Tabela 3. A reação negativa ao reagente de NADI, ao lugol e ao reagente de Wagner demonstrou a ausência de óleos essenciais/resinas, amido e alcaloides, respectivamente, nos dois tipos de glândulas das três espécies analisadas. Já a presença dos elementos condutores do xilema nas duas estruturas foi confirmada com a reação de floroglucina (Figura 3A-3D).

Os testes para detecção de lipídios evidenciaram a cutícula e gotas conspícuas no citoplasma das células epidérmicas e do parênquima subepidérmico das glândulas calicinais (Figura 3E), enquanto nas glândulas foliares só ocorreu reação na cutícula (Figura 3F). Entretanto, sob a fluorescência induzida pelo vermelho-neutro visualizada em luz UV, observaram-se gotas lipídicas das células epidérmicas e no espaço subcuticular das glândulas calicinais (Figura 3G), enquanto nas glândulas foliares as gotas foram observadas apenas nas células epidérmicas (Figura 3H).

O teste para detecção de proteínas utilizando azul de coomassie (Tabela 3) permitiu verificar a presença desse composto na epiderme secretora nas glândulas calicinais (Figura 4A) e no parênquima subepidérmico das glândulas foliares (Figura 4B). Já no teste realizado com ninidrina, também utilizado para evidenciar a presença de proteínas, foi observada a presença desse composto no parênquima subepidérmico das duas estruturas (Figura 4C, 4D).

Polissacarídeos totais foram detectados pelo teste PAS na epiderme secretora e no parênquima subepidérmico das glândulas calicinais (Figura 4E) e foliares (Figura 4F).

DISCUSSÃO

A similaridade anatômica das glândulas verificada comparativamente em 26 das 38 espécies de *Banisteriopsis* avaliadas neste estudo amplia a base de dados para futuras abordagens sobre a evolução desse caráter em Malpighiaceae. Esses dados concordam com a literatura, que tem enfatizado a semelhança anatômica entre as glândulas em outros gêneros de Malpighiaceae, como *Galphimia brasiliensis*, *Byrsonima sericea*, *Heteropterys chrysophylla*, *Peixotoa hispidula* e *Diplopterys pubipetala* (CASTRO *et al.*, 2001; VIEIRA, 2005; PASSOBOM, 2008).

Quanto à morfologia, as glândulas calicinais observadas nas espécies de *Banisteriopsis* estudadas são sésseis, semelhantes às glândulas de *Diplopterys pubipetala* (PASSOBOM, 2008). Mas diferem daquelas encontradas no cálice de *Dinemandra ericoides*, as quais são pediceladas (COCUCCI *et al.*, 1996). A distância entre a superfície secretora da glândula e o local de inserção na sépala pode estar relacionada com a interação da estrutura com o polinizador e deve ser considerada em futuros estudos ecológicos. Anatomicamente, as glândulas calicinais das 35 espécies de *Banisteriopsis* estudadas neste trabalho são semelhantes às descrições de *D. pubipetala* (PASSOBOM, 2008), *G. brasiliensis* (CASTRO *et al.*, 2001) e de *Camarea affinis* (MAMEDE, 1993), exceto pela presença de invaginações transversais ao longo da glândula que, embora possam ser visualizadas nas imagens publicadas, não foram mencionadas pelos citados autores. Tais invaginações podem estar relacionadas ao aumento da superfície de eliminação e acúmulo da secreção produzida, aumentando a oferta de recursos aos polinizadores.

Nas espécies analisadas, foi detectada a presença de vascularização nas glândulas foliares e calicinais; fato semelhante foi observado por Passobom (2008) e Passobom *et al.* (2010) em *D. pubipetala*. De acordo com Elias *et al.* (1975), a

presença de vascularização em nectários, além de representar uma especialização dessas estruturas, indica que o tempo de atividade é relativamente curto.

Na análise histoquímica das glândulas calicinais e foliares das espécies de *Banisteriopsis* analisadas, foi detectada a presença de lipídios, polissacarídeos e proteínas, dados, em parte, similares aos de Castro *et al.* (2001), que, analisando a natureza química da secreção das glândulas calicinais e foliares de *G. brasiliensis*, observaram a presença de lipídios e açúcares. Fato esse semelhante ao encontrado por Passobom (2008) e Passobom *et al.* (2010), que analisaram as glândulas calicinais e foliares de *D. pubipetala*.

A presença de um espaço subcuticular gerado pelo desprendimento da cutícula da epiderme nas glândulas calicinais deve estar relacionada ao acúmulo de substâncias de natureza lipídica. Isso tendo em vista que, com a utilização do vermelho-neutro sob luz UV, foi possível observar a presença de substâncias dessa natureza na referida região. Espaço subcuticular com conteúdo lipídico também foi descrito para glândulas calicinais de espécies de outros gêneros de Malpighiaceae, como *Dinemandra ericoides*, *Malpighia coccigera*, *Byrsonima sericea*, *Heteropterys chrysophylla* e *Peixotoa hispidula*. Nessas espécies, o polinizador rompe a cutícula durante a visita e a secreção extravasada é coletada (COCUCCI *et al.*, 1996; SEIPOLD *et al.*, 2004; VIEIRA, 2005).

A presença de lipídios também foi detectada nas glândulas foliares das espécies de *Banisteriopsis* deste estudo, fato que também foi relatado por Passobom *et al.* (2010) em *Diplopteris pubipetala*, embora a referida autora tenha denominado as glândulas foliares como nectários extraflorais (NEFs), devido ao resultado das análises ultraestruturais e da secreção rica em açúcares. Estruturas anatomicamente semelhantes a nectários, que produzem compostos de natureza lipídica, já foram descritas para *Passiflora foetida* por Durkee *et al.* (1984), assim como substâncias lipofílicas também foram detectadas nas glândulas foliares de *Prockia crucis* (THADEO *et al.*, 2008) e *Hymenaea stigonocarpa* (PAIVA *et al.*, 2006). Segundo Real (1983), a presença de substâncias lipídicas em estruturas secretoras deve estar relacionada ao fornecimento de energia a visitantes. Segundo Cocucci *et al.* (1996), as inferências sobre a filogenia de Malpighiaceae estão baseadas na existência de compostos lipídicos no néctar de NEFs, assim como a presença de açúcares na secreção dos elaióforos da referida família. Os dados deste trabalho confirmam tal inferência para o gênero *Banisteriopsis*.

A presença de grânulos proteicos nas glândulas calicinais de *Banisteriopsis* pode estar relacionada às demandas energéticas dos agentes polinizadores. Nicolson e Thornburg (2007) comentaram que os aminoácidos são considerados importantes fontes de nitrogênio e energia para os visitantes. Tendo em vista que em Malpighiaceae a polinização é realizada principalmente por fêmeas de abelhas da tribo Centridini (ANDERSON, 1979) e esses insetos são considerados deficientes na produção de aminoácidos (BAKER, 1977), um exsudado rico em proteínas pode ter influenciado na seleção dessa interação específica nesta família.

Neste trabalho, a presença de proteínas detectadas nas glândulas foliares reforça a interação mutualística entre tais estruturas e formigas. Passobom *et al.* (2010) e Réu Jr. (2005) observaram a presença de formigas em NEFs de *Diplopterys pubipetala*, *Byrsonima intermedia* e *Heteropterys pteropetala*, alimentando-se do néctar que era produzido em maior quantidade na fase reprodutiva. Em contraposição, não foram observadas injúrias nos órgãos em desenvolvimento. A detecção de proteína nas glândulas foliares das espécies de *Banisteriopsis* estudadas é mais uma característica selecionada na interação dessas espécies com as formigas, conferindo vantagem adaptativa. Esse argumento também foi apresentado para os grãos de proteína observados nos NEFs de *Chamaecrista* (Leguminosae) por Coutinho *et al.* (2012).

A similaridade anatômica observada entre as glândulas calicinais e foliares das espécies de *Banisteriopsis*, bem como a presença de substâncias lipídicas nas glândulas foliares e polissacarídeos nas calicinais, representa um indício de que as glândulas calicinais se originaram a partir das glândulas foliares, semelhantes ao que foi proposto por Vogel (1990). Segundo o referido autor, a transformação dos nectários em elaióforos deve ter acontecido em resposta ao mutualismo entre as flores das espécies de Malpighiaceae e as abelhas silvestres da tribo Centridini. De forma semelhante, Durkee *et al.* (1984) sugerem que os nectários extraflorais de *P. foetida* são uma transição para glândulas secretoras de lipídios. Subramanian *et al.* (1990), observando *Hiptage sericea*; e Castro *et al.* (2001), analisando *G. brasiliensis*, concluíram que as glândulas calicinais e foliares das referidas espécies são estruturas homólogas que possuem similaridade anatômica e mecanismo de secreção, dados que, segundo os referidos autores, corroboram a hipótese de Vogel (1990).

Os resultados dos testes histoquímicos realizados com as glândulas foliares e calicinais de *Banisteriopsis* revelam que são glândulas de natureza mista. Acredita-se que a presença de proteínas, lipídios e polissacarídeos está diretamente relacionada à interação inseto-planta, tendo em vista o valor nutricional dos referidos compostos – Tanto tratando-se de interação planta-polinizador no caso das glândulas calicinais quanto de planta-defesa para as foliares.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, W. R. 1977. Byrsonimoideae, a new subfamily of the Malpighiaceae. **Leandra**, **7**: 5-18.

ANDERSON, W. R. 1979. Floral conservation in Neotropical Malpighiaceae. **Biotropica**, **11**: 219-223.

ANDERSON, W. R. 1990. The origin of the Malpighiaceae – The evidence from morphology. Mem. New York Bot. **Gard.**, **64**: 210-224.

BAKER, H. G. 1977. Non-sugar chemical constituents of nectar. **Apidologie**, **8**: 349-356. doi: 10.1051/apido: 19770405.

BOZZOLA, J. J.; RUSSEL, L. D. 1992. **Electron microscopy**. Boston: Jones and Bartlett Publishers.

CASTRO, M. A.; VEGA, A. S.; MÚLGURA, M. E. 2001. Structure and ultrastructure of leaf and calyx glands in *Galphimia brasiliensis* (Malpighiaceae). **American Journal of Botany**, **88**: 1935-1944.

COCUCCI, A. A.; HOLGADO, A. M.; ANTON, A. M. 1996. Estudio morfológico y anatómico de los eleóforos pedicelados de *Dinemandra ericoides*, Malpigiacea endémica del desierto de Atacama, Chile. **Darwiniana**, **34**: 183-192.

COSTA, C. B. N.; COSTA, J. A. S.; RAMALHO, M. 2006. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Braz. J. biol.**, **29**: 103-114.

COUTINHO, I. A. C.; FRANCINO, D. M. T.; AZEVEDO, A. A.; MEIRA, R. M. S. A. 2012. Anatomy of the extrafloral nectaries in species of *Chamaecrista* section *Absus* subsection *Baseophyllum* (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Flora**, **207**: 427-435. doi: 10.1016/j.flora.2012.03.007.

DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. 2010. A Complete Generic Phylogeny of Malpighiaceae Inferred from Nucleotide Sequence Data and Morphology. **American Journal of Botany**, **97**: 2031-2048.

DAVID, R.; CARDE, J. P. 1964. Coloration differentielle des pseudophylles de *Pin maritime* au moyen reactif de Nadi. **C. R. Acad. Sci. Paris ser.**, **258**: 1338-1340.

DURKEE, L. T.; BAIRD, C. W.; COHEN, P. F. 1984. Light and electron microscopy of the resin glands of *Passiflora foetida* (Passifloraceae). **American Journal of Botany**, **71**: 596-602.

ELIAS, T. S.; ROZICH, W. R.; NEWCOMBE, L. 1975. The foliar and floral nectaries of *Turnera ulmifolia* L. **American Journal of Botany**, **62**(6): 570-576.

ELIAS, T. S. 1983. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. In: BENTLEY, B.; ELIAS, T. (Ed.). **The biology of nectaries**. New York: Columbia University Press. p. 174-203.

FISHER, D. B. 1968. Protein staining of ribboned epon sections for light microscopy. **Histochemie**, **16**(1): 92-96. doi:10.1007/BF00306214. PMID:4180491.

FURR, M.; MAHLBERG, P. G. 1981. Histochemical analyses of laticifers and glandular trichomes in *Cannabis sativa*. **J. Nat. Prod.**, **44**(2): 153-159. doi:10.1021/np50014a002.

GATES, B. 1982. *Banisteriopsis, Diplopterys* (Malpighiaceae). **Flora Neotropica**, **30**: 1-237.

JENSEN, W. A. 1962. **Botanical histochemistry**. San Francisco: WH Freeman and Co.

JOHANSEN, D. A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill.

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

KIRK, P. W. 1970. Neutral red as a lipidfluorochrome. **Stain Technol.**, **45**(1): 1-4. doi:10.3109/10520297009063373. PMID:4189358.

MAMEDE, M. C. H. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Camarea* (Malpighiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, **7**: 3-19.

MEIRA, R. M. S. A.; MARTINS, F. M. 2003. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. **Rev. árvore**, **27**(1): 109-112.

McMANUS, J. F. A. 1948. Histological and histochemical uses of periodic acid. **Stain Technol.**, **23**(3): 99-108. doi:10.3109/10520294809106232. PMID:18867618.

- NICOLSON, S. W.; THORNBURG, R. W. 2007. Nectar chemistry. In: NICOLSON, M. S.; NEPI, W.; PACINI, E. (Ed.). **Nectaries and Nectar**. Dordrecht: Springer. p. 215-264.
- NIEDENZU, F. 1928. Malpighiaceae. In: ENGLER, A. Das pflanzenreich. Vol. IV, 141. LEIPZIG, Wilhelm Engelmann *apud* BARROSO, G. M. 1984. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Vol. II. p. 325-329.
- O'BRIEN, T. P.; McCULLY, M. E. 1981. **The study of plant structure principles and selected methods**. Melbourne: TermarcaphiPty Ltda.
- PAIVA, E. A. S.; MACHADO, S. R. 2006. Ontogenese, anatomia e ultra-estrutura dos nectários extraflorais de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Acta Botanica Brasilica**, **20**(2): 471-482.
- PASSOBOM, C. C. F. 2008. **Estrutura e função das glândulas florais e dos nectários foliares em *Diplopterys pubipetala* (A. Juss.) W. R. Anderson and C. Cav. Davis (Malpighiaceae)**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, SP, 2008.
- PASSOBOM, C. C. F.; GUIMARÃES, E.; MACHADO, S. R. 2010. Leaf glands act as nectaries in *Diplopterys pubipetala* (Malpighiaceae). **Plant biol.**, **12**: 863-870. doi: 10.1111/j.1438-8677.2009.00304.
- PEARSE, A. G. E. 1980. **Histochemistry**: theoretical and applied: preparative and optical technology. Vol. 2. Churchill Livingstone, Edinburgh.
- REAL, L. 1983. **Pollination biology**. London: Academic Press.
- RÉU JR., W. F. 2005. **Interações formigas-Malpighiaceae, *Byrsonima intermedia* (A. Juss.) e *Heteropterys pteropetala* (H.B.K.), no Cerrado: atratividade ligada aos nectários extraflorais e defesa biológica à planta**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.
- SEIPOLD, L.; GERLACH, G.; WESSJOHANN, L. 2004. A new type of floral oil from *Malpighia coccigera* (Malpighiaceae) and chemical considerations on the evolution of oil flowers. **Chem. Biodiversity**, **1**: 1519-1528. doi: 10.1002/cbdv.200490112.
- SMITH, F. H.; SMITH, E. C. 1942. Anatomy of the inferior ovary of *Darbya*. **Am. J. Bot.**, **29**: 464-471. doi: 10.2307/2437312.
- SUBRAMANIAN, R. B.; ARUMUGASAMY, K.; INAMDAR, J. S. 1990. Studies in secretory glands of *Hiptage sericea* (Malpighiaceae). **Nordic Journal of Botany**, **10**(1): 57-62.
- THADEO, M.; CASSINO, M. F.; VITARELLI, N. C.; AZEVEDO, A. A.; ARAÚJO, J. M.; VALENTE, V. M. M.; MEIRA, R. M. S. A. 2008. Anatomical and histochemical characterization of extrafloral nectaries of *Prockia crucis* (Salicaceae). **Am. J. Bot.**, **95**: 1515-1522. doi: 10.3732/ajb.0800120.

VIEIRA, A. C. M. 2005. **Estudos em espécies de Malpighiaceae de restingas do Rio de Janeiro: estruturas secretoras em folhas e flores e biologia floral.** 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.

VOGEL, S. 1990. History of Malpighiaceae in the light of pollination ecology. **Mem. New York Bot. Gard.**, **55**: 130-142.

YASUMA, A.; ICHIKAWA, T. 1953. Ninhydrin-Schiff and alloxan-Schiff staining. A new histochemical staining method for protein. **J. Lab. Clin. Med.**, **41**: 296-299.

Tabela 1 – Espécies de *Banisteriopsis* ocorrentes no Brasil e números de registro dos materiais obtidos nos diferentes herbários do país

Espécies	Material examinado	G. Calicinais	G. Foliaves
1. <i>B. adenopada</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (69270, 120913, 411546, 45432); IBT (306339, 346371, 306335, 354763)	-	X
2. <i>B. andersonii</i> B. Gates	RB (193800, 244368, 90852); IBT (142693, 153995, 143432)	X	X
3. <i>B. angustifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (57956, 195038, 326698); IBT (409661, 390564, 253629)	X	X
4. <i>B. anisandra</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (133639, 494729, 150011); UB (26924); IBT (296650, 363454, 216329, 394821)	X	-
5. <i>B. arborea</i> B. Gates	RB (244371, 59841, 448021); MBM (35602); UB (58303, 58886)	X	-
6. <i>B. argyrophylla</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (57894, 67619, 167016); UB (26972, 29428); IBT (167185, 257888, 272633, 161943)	X	-
7. <i>B. byssacea</i> B. Gates	IBT (286494, 287603, 286131, 286466)	X	-
8. <i>B. caapi</i> (Spruce ex. Grisebach) Morton	INPA (98255, 124466, 192409); IBT (113821, 270884, 45735)	X	X
9. <i>B. calcicola</i> B. Gates	MBM (204953); UB (58306); IBT (320281, 319088, 386474)	X	X
10. <i>B. campestris</i> (Adr. Jussieu) E. L. Little	RB (28103, 191338, 223130); UB (19522, 25538); IBT (255661, 64956, 333747)	X	X
11. <i>B. cipoensis</i> B. Gates	RB (169904, 68846, 196228); UB (59361); IBT (142685, 185216, 142666)	X	X
12. <i>B. confusa</i> B. Gates	RB (478486, 351217, 268035); INPA (104786); UB (58870, 65226); IBT (267358, 369759)	X	-
13. <i>B. gardneriana</i> (Adr. Jussieu) Anderson & Gates	RB (95614, 153189, 340322); INPA (120842); UB (59364, 43780); IBT (411993, 405433, 296769)	X	X
14. <i>B. goiana</i> B. Gates	RB (167725, 141454, 141456); IBT (247090, 314595, 409337)	X	X
15. <i>B. harleyi</i> B. Gates	RB (252166, 199408, 200020); UB (52128); IBT (320286, 390563, 328052)	X	X
16. <i>B. hatschbachii</i> B. Gates	RB (141452); MBM (62215, 35681, 138625); UB (65218, 44865); IBT (384087)	X	X
17. <i>B. hirsuta</i> B. Gates	MBM (159994); UB (62311, 65225); IBT (272762)	X	X
18. <i>B. irwinii</i> B. Gates	RB (253058); MBM (62209, 34977); UB (61968); IBT (256267, 319498, 333823)	X	-
19. <i>B. laevifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (208257, 208256, 141453, 345479); INPA (121113); UB (27610); IBT (185291, 378737, 276298)	X	X
20. <i>B. latifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (244357, 78817, 451533); INPA (215076); IBT (328863, 319491, 161946)	X	X
21. <i>B. malifolia</i> B. Gates	RB (197481, 203185, 11692, 245137, 227201, 167017, 318522); UB (4534, 58889, 58840, 2902, 29446); IBT (266351, 269834, 330459, 247501, 352031, 247486)	X	X
22. <i>B. martiniana</i> B. Gates	RB (1012, 325635); IBT (79198, 292853)	X	X
23. <i>B. megaphylla</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (318523, 57964, 234958, 153191, 70740, 223124); UB (24276, 276680); IBT (275693, 256227, 161240)	X	X

Continua...

Tabela 1 – Cont.

24. <i>B.membranifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (139047, 465297, 88808, 242941, 324061); UB (58359); IBT (363619, 251636,267592)	X	X
25. <i>B. multifoliolata</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	HUEFS (59557, 65929)	X	-
26. <i>B. muricata</i> (Cavanilles) Cuatrecasas	RB (403165, 331387, 331331); INPA (104063, 92622, 112527, 117519); UB (58356); IBT (345233, 354770, 292254)	X	-
27. <i>B. nummifera</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (26312, 11703); HUEFS (72971); IBT (311759, 258060,292273)	X	-
28. <i>B. oxyclada</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (462436, 256772, 380221); UB (58357); IBT (321252, 338414, 306489)	X	X
29. <i>B. paraguariensis</i> B. Gates	RB (94220, 478482); MBM (323142, 45582, 79507)	-	X
30. <i>B. parviflora</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	MBM (350504, 57095); UB (65209); UPCB (16289); IBT (153115, 26500)	X	X
31. <i>B. parviglandula</i> B. Gates	IBT (329049, 276262,301302); RB (1315)	X	X
32. <i>B. prancei</i> B. Gates	RB (11689); INPA (120862, 104884, 105558, 120766, 121147); UB (58933); IBT (30263)	X	X
33. <i>B. pulchra</i> B. Gates	RB (360628); MBM (269100, 269096, 45572); UB (58358)	X	X
34. <i>B. schizoptera</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	MBM (65895, 248945, 244219); UB (58865, 34428); IBT (386630, 363464)	X	X
35. <i>B. sellowiana</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	RB (280276, 109930)	-	X
36. <i>B. stellaris</i> (Grisebach) B. Gates	RB (72601, 238905, 214173); INPA (120693, 105103); UB (2160, 219); IBT (386633, 251615)	X	X
37. <i>B. variabilis</i> B. Gates	RB (107054, 130807, 37877); UB (59350, 5211); IBT (412422, 257872)	X	X
38. <i>B. vernoniifolia</i> (Adr. Jussieu) B. Gates	MBM (64120, 249229, 65887); UB (58850); IBT (402047, 275889,167204)	X	X

Tabela 2 – Quantidade de espécies de *Banisteriopsis* analisadas e respectivas estruturas

Quantidade de espécies analisadas	G. calicinais	G. foliares	G. calicinais e G. foliares	Total
	9	3	26	38

Tabela 3 – Metodologias utilizadas para detecção das principais classes de metabólitos nas glândulas foliares e calicinais encontradas em *Banisteriopsis*

	Grupos de metabólitos	Teste aplicado
Lipídios	Lipídios totais	SudanBlack B (PEARSE, 1980); Vermelho Neutro (KIRK, 1970)
Terpenoides	Óleos essenciais e Óleo-resinas	Reagente de Nadi (DAVID; CARDE, 1964); Reagente de Wagner (FURR; MAHLBERG, 1981);
Compostos fenólicos	Alcaloides Lignina	Floroglucinol (JENSEN, 1962)
Polissacarídeos	Amido Polissacarídeos neutros	Lugol (JOHANSEN, 1940) PAS (McMANUS, 1948)
Proteínas	Proteínas totais	Azul de coomassie (FISCHER, 1968); Ninidrina (YASUMA; ICHIKAWA, 1953)

Tabelas 4 – Testes histoquímicos realizados e respectivos resultados

Teste		<i>B. campestris</i>	<i>B. laevifolia</i>	<i>B. malifolia</i>
PAS	NEF	+	+	+
	NF	+	+	+
Sudan Black B	NEF	-	-	-
	NF	+	+	+
VermelhoNeutro	NEF	+	+	+
	NF	+	+	+
NADI	NEF	-	-	-
	NF	-	-	-
Lugol	NEF	-	-	-
	NF	-	-	-
Azul de comassie	NEF	+	+	+
	NF	+	+	+
Wagner	NEF	-	-	-
	NF	-	-	-
Floroglucina	NEF	+	+	+
	NF	+	+	+
Ninidrina	NEF	+	+	+
	NF	+	+	+

+ = resultado positivo; e - = resultado negativo.

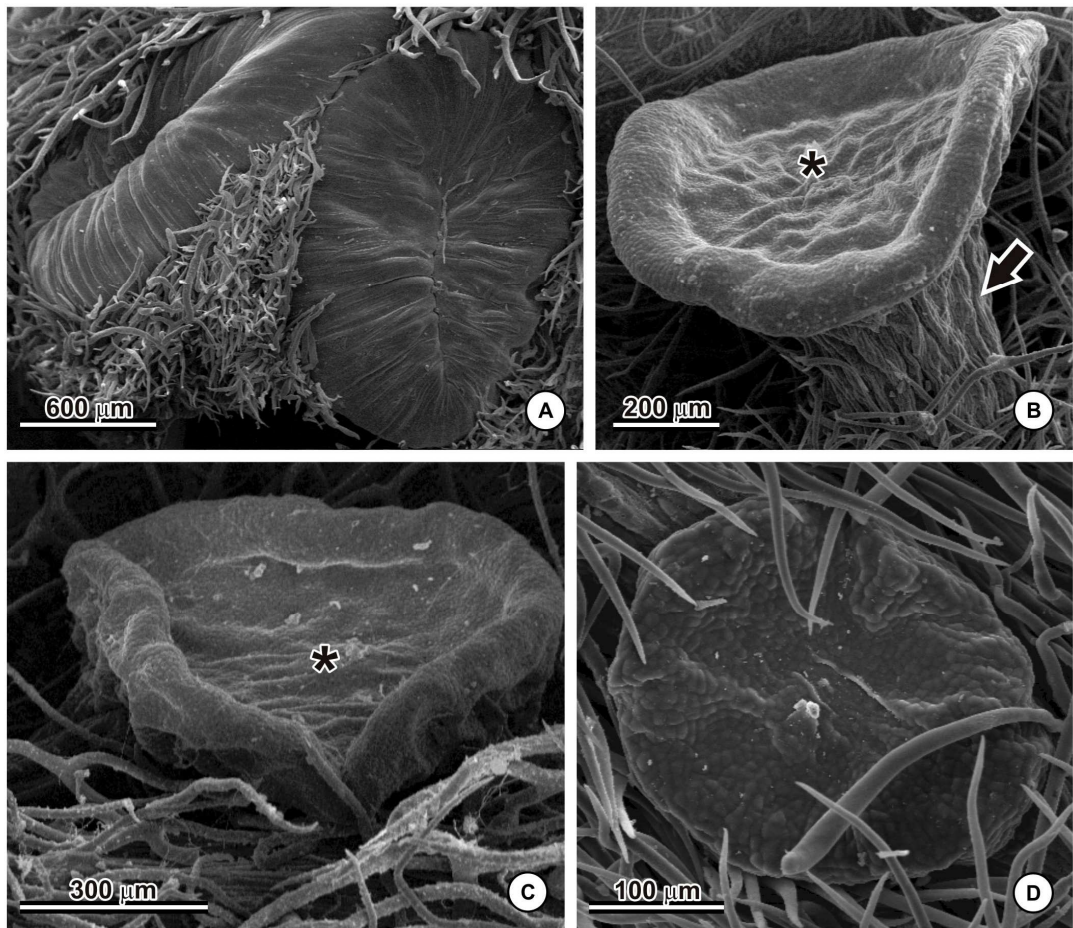


Figura 1 – Eletromicrografias das glândulas calicinais (A) e foliares (B-D) de *Banisteriopsis*. (A) *B. argyrophylla*, notar glândulas sésseis com formato oblongo, superfície irregular com invaginações. (B) Glândula arredondada com concavidade e haste em *B. calcicola*. (C) Glândula arredondada com concavidade e sésstil em *B. campestris*. (D) Glândula arredondada sem concavidade e sésstil em *B. goiana*. * = concavidade; seta = haste.

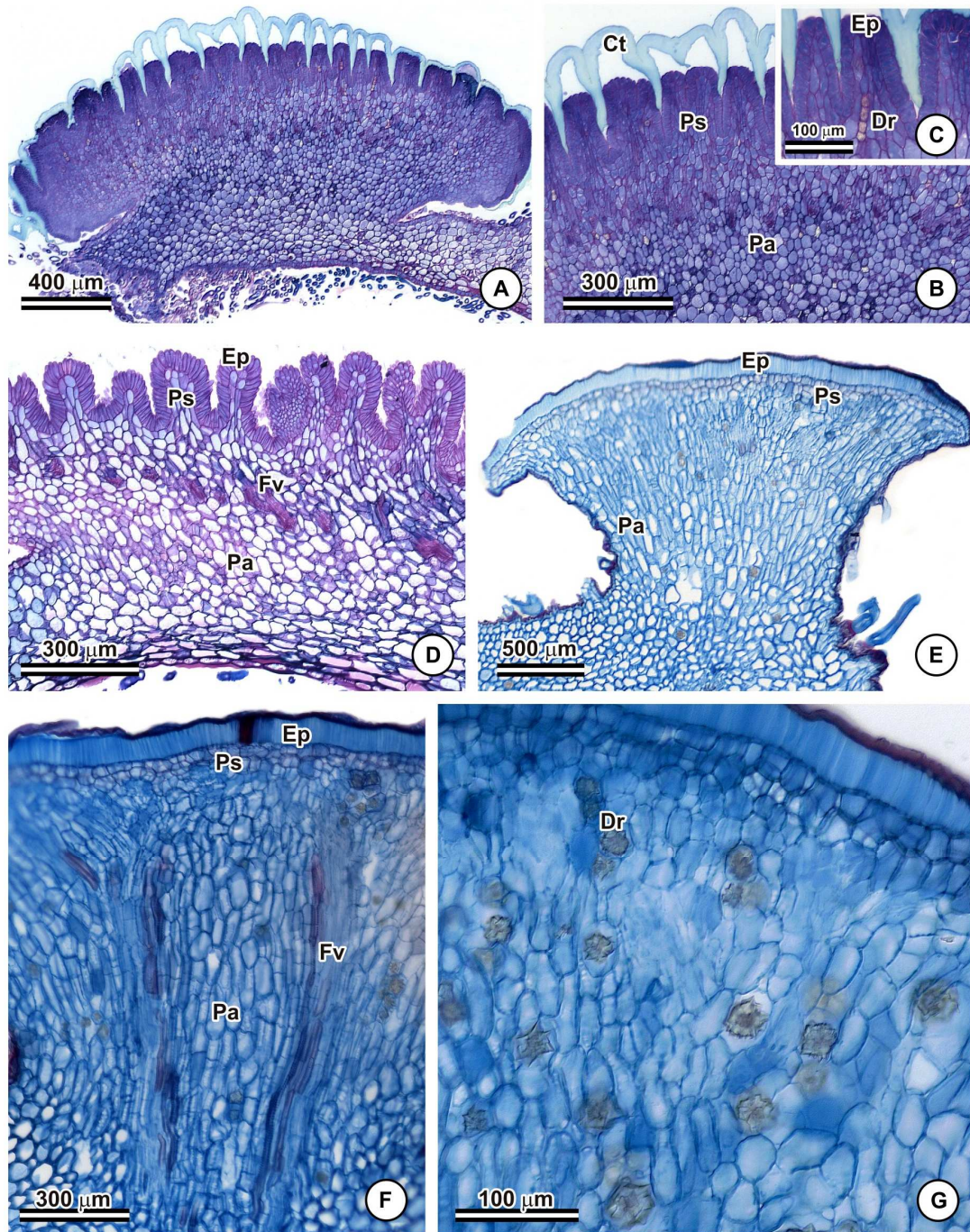


Figura 2 – Caracterização anatômica das glândulas calicinais (A-D) e foliares (E-G) de *Banisteriopsis* em seções longitudinais. (A-C) *B. byssacea*, notar a cutícula espessa (ct). (D) *B. malifolia* var. *apressa*, evidenciando as invaginações na epiderme e a vascularização. (E-F) *B. parviglandula*, notar a superfície lisa da glândula. (G) *B. calcicola* cristais de oxalato de cálcio. Abreviaturas: Ct = cutícula; Dr = drusas; Ep = epiderme em paliçada; Fv = feixe vascular; Pa = parênquima; e Ps = parênquima subepidérmico.

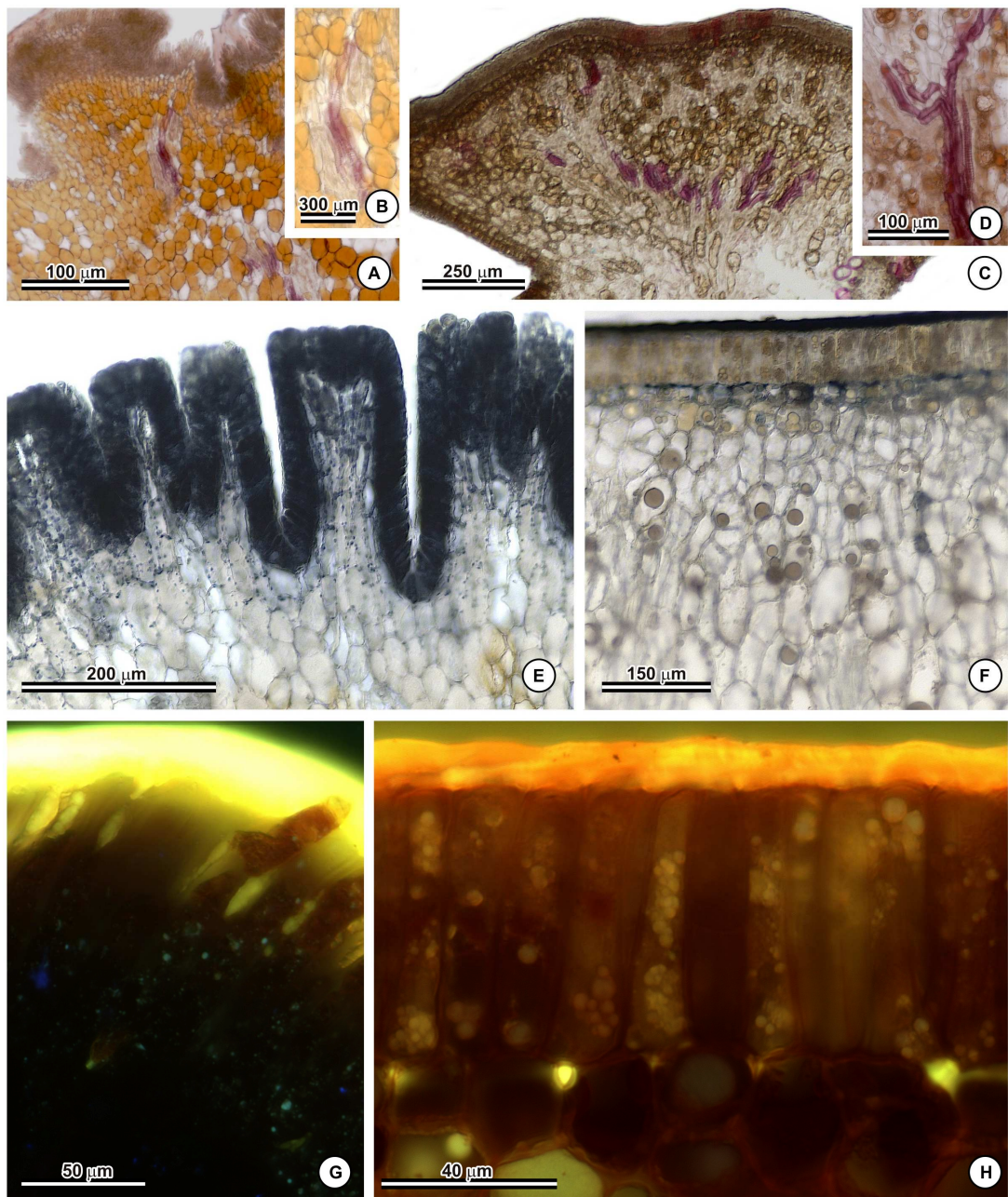


Figura 3 – Resultados dos testes histoquímicos em cortes longitudinais das glândulas calicinais (A, B, E, G) e foliares (C, D, F, H) de espécies de *Banisteriopsis*. (A-B) *B. malifolia* e (C-D) *B. campestris*, evidenciando as células do xilema coradas em rosa pelafloroglucina. (E) *B. laevifolia*, enfatizando a cutícula e células epidérmicas em paliçada coradas de preto pelo sudan Black B. e (F) *B. malifolia* enfatizando a cutícula corada de preto pelo sudan black B. (G) *B. campestris* e (H) *B. malifolia*, mostrando a presença de lipídios na cutícula e células epidérmicas coradas de amarelo pelo vermelho-neutro e evidenciadas por luz UV.

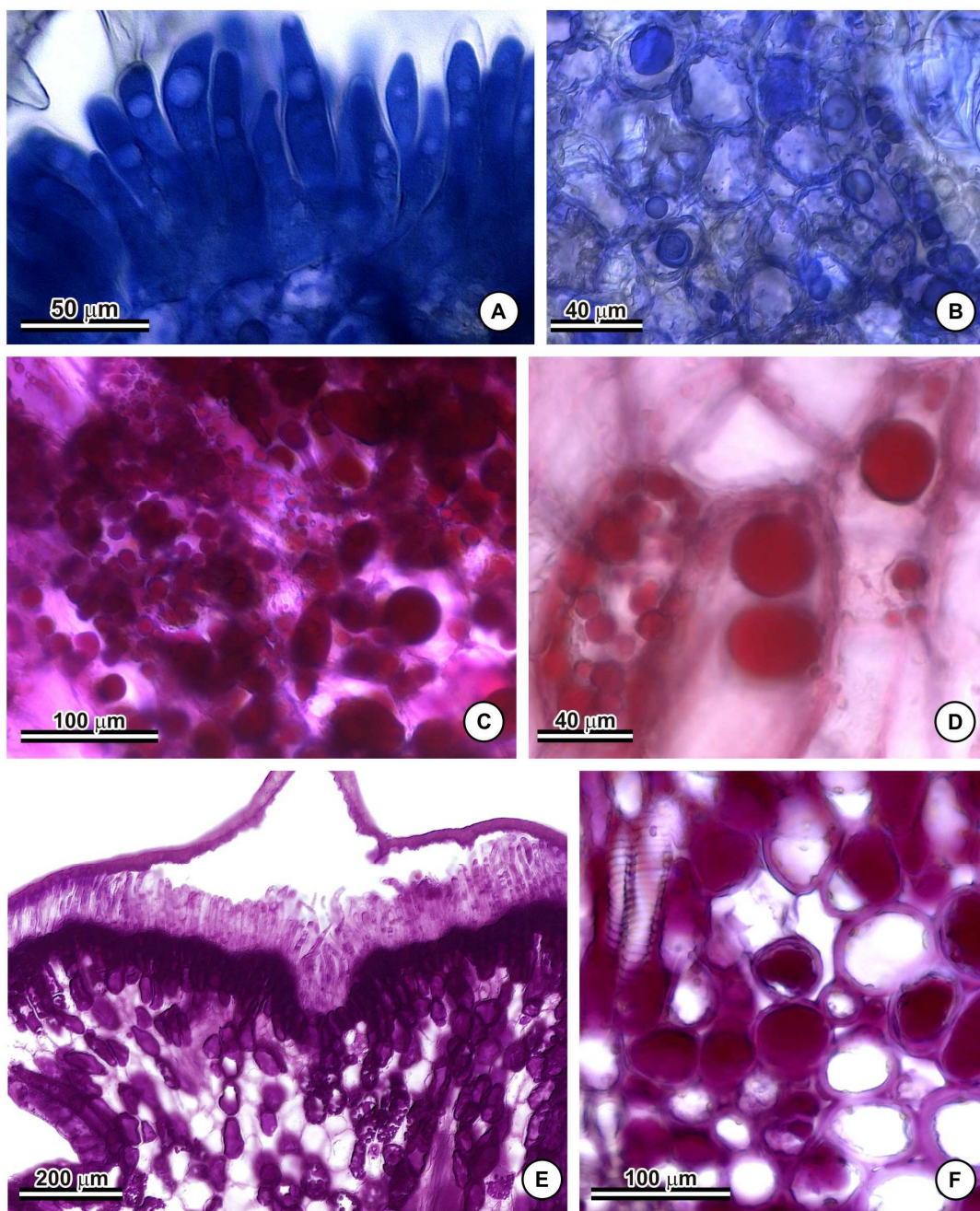


Figura 4 – Testes histoquímicos em cortes longitudinais de glândulas calicinais (A, C, E) e foliares (B, D, F) de espécies de *Banisteriopsis*. (A) *B. malifoliae* (B) *B. campestris*, enfatizando a presença de proteínas nas células epidérmicas e células do parênquima subepidérmico, respectivamente, coradas em azul (azul de coomassie). (C-D) *B. malifolia*, mostrando o parênquima subepidérmico corado de rosa (ninidrina), indicando a presença de proteínas. (E-F) *B. campestris*, evidenciando a presença de polissacarídeos corados de rosa pelo PAS.

CONCLUSÕES GERAIS

Este estudo permitiu identificar caracteres morfoanatômicos úteis para auxiliar na distinção de espécies de *Banisteriopsis*, como: contorno do pecíolo, presença e ausência de feixes acessórios no pecíolo, conformação do sistema vascular do pecíolo, forma da nervura principal, presença e ausência de extensão de bainha, tipo de mesofilo, presença e ausência de glândulas foliares e forma destas, comprovando que estudos anatômicos podem fornecer dados para auxiliar na taxonomia da família Malpighiaceae.

Observando comparativamente a análise de similaridade com o trabalho de Davis e Anderson (2010), percebeu-se que é possível constatar que os dados corroboram, em parte, os resultados moleculares e que a anatomia é ferramenta útil nesse tipo de análise.

Os resultados da comparação entre as glândulas calicinais e foliares indicaram grande similaridade anatômica entre essas duas estruturas. Além disso, a observação de proteínas, lipídios e polissacarídeos nessas glândulas deve estar diretamente relacionada com as interações inseto-planta. A semelhança morfológica entre as glândulas calicinais e foliares confirmam a hipótese de Vogel (1990) sobre a origem das glândulas calicinais a partir das foliares em *Banisteriopsis*.